





ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME XVIII. — Nos 1 à 3

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain

1903

Paris, 30 fr. — Départements et Étranger, 32 fr.
Ce cahier a été publié en Juin 1903.
Les *Annales des Sciences naturelles* paraissent par cahiers mensuels.

Conditions de la publication des Annales des sciences naturelles

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. Ph. Van Tieghem.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches et les figures dans le texte correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à XVII sont complets.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. Edmond Perrier.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à XVI sont complets.

Prix de l'abonnement à 2 volumes :

Paris : 30 francs. — Départements et Union postale : 32 francs.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées, pour la partie géologique, par M. Hébert, et pour la partie paléontologique, par M. A. Milne-Edwards.

Tomes I à XXII (1879 à 1891). Chaque volume .... 15 fr.

Cette publication est désormais confondue avec celle des *Annales des Sciences naturelles*.

Prix des collections.

Première série (Zoologie et Botanique réunies), 30 vol.		(*Rare*
Deuxième série (1834-1843).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Troisième série (1844-1853).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Quatrième série (1854-1863).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Cinquième série (1864-1874).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Sixième série (1875 à 1884).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Septième série (1885 à 1894).	Chaque partie 20 vol.	300 fr.
Géologie, 22 volumes.		330 fr.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

CORBEIL. — IMPRIMERIE ÉD. CRÉTÉ.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME XVIII

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1903

NOUVELLES OBSERVATIONS

SUR

LES OCHNACÉES

Par PH. VAN TIEGHEM.

Depuis la publication dans ce Recueil, en décembre 1902, de mon Mémoire *Sur les Ochnacées* (1), j'ai poursuivi mes recherches sur cette famille dans le but de porter la lumière sur plusieurs points demeurés alors dans l'ombre, faute de renseignements ou de matériaux suffisants. Les résultats ainsi obtenus ont été consignés dans plusieurs Notes préliminaires (2). Je les rassemble ici, en les disposant d'après la classification adoptée dans la Partie spéciale de mon Mémoire et en conservant à chacun des genres intéressés le numéro d'ordre sous lequel il y a été inscrit.

Ils m'ont conduit à distinguer, en définitive, cinquante et une espèces nouvelles et quatre genres nouveaux.

Toutes ces formes appartiennent à la sous-famille des Ochnoïdées.

La tribu des Ouratéées acquiert ainsi, dans sa sous-tribu

(1) Ph. van Tieghem, *Sur les Ochnacées* (Ann. des Sc. nat., 8e série, Bot., XVI, p. 161, 1902).

(2) Ph. van Tieghem, *Sur une Ouratée de l'Ascension* (Bull. du Muséum, VIII, p. 614, 1902). — *Proboscelle, genre nouveau d'Ochnacées* (Journal de Bot., XVII, p. 1, janvier 1903). — *Quelques espèces nouvelles d'Ochnacées, 1re partie* (Bull. du Muséum, IX, p. 30, janvier 1903); *2e partie* (*Ibid.*, p. 73, février 1903); *3e partie* (*Ibid.*, p. 156, mars 1903). — *Biramelle et Pléopétale, deux genres nouveaux d'Ochnacées* (Journal de Bot., XVII, p. 96, mars 1903).

néogée des Orthospermées, deux Ouratées, trois Plicouratées et une Trichouratée nouvelles, et dans sa sous-tribu paléogée des Campylospermées, vingt-cinq Campylospermes, trois Campylocerques, deux Cercinies et trois Cercanthèmes nouveaux. En tout, trente-neuf espèces nouvelles, réparties entre sept genres anciens.

De son côté, la tribu des Ochnées reçoit, dans sa sous-tribu des Rectiséminées, d'abord un Polythèce et trois Disclades nouveaux, puis les quatre genres nouveaux, représentés ensemble par huit espèces, dont quatre nouvelles.

Mais il y a autre chose encore.

Trois mois environ après la publication de mon Mémoire, exactement le 13 mars 1903, a paru sur les Ochnacées un travail de M. Gilg, purement descriptif, il est vrai, et limité aux espèces du continent africain, mais très important par le grand nombre de formes spécifiques nouvelles de cette région qui s'y trouvent décrites (1).

Quelques-unes ont été déjà antérieurement distinguées, caractérisées et classées par moi dans leurs genres respectifs; elles devront, en conséquence, conserver le nom que je leur ai assigné, celui de M. Gilg passant aux synonymes. Pour les autres, ayant le regret de n'avoir pas encore pu les étudier par moi-même, je devrai me borner ici à les répartir entre mes genres, d'après les caractères fournis par la description de l'auteur et autant que cette description, souvent fort incomplète, me permettra de le faire avec certitude. Chez aucune de ces espèces, en effet, M. Gilg n'indique la conformation du fruit, de la graine et de l'embryon, qui subit, comme je l'ai montré, de remarquables modifications dans cette famille et fournit ainsi de précieux caractères pour la définition et le groupement des genres. Si l'on veut voir clair, il faut pourtant ne pas fermer les yeux à la lumière.

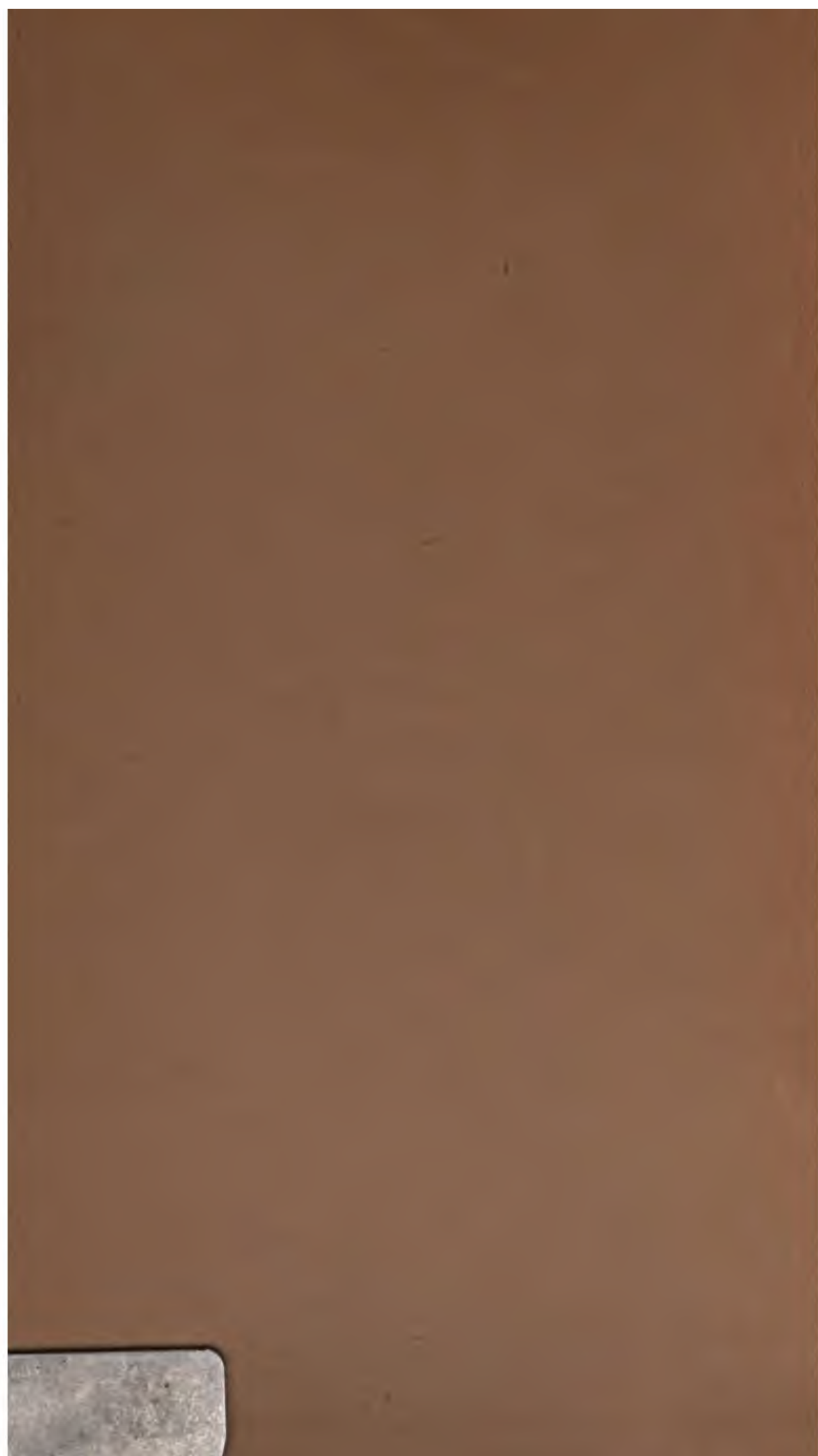
(1) Gilg, *Ochnaceæ africanæ* (Bot. Jahrbücher für Syst., XXXIII, p. 231, 1903). — L'auteur se borne au continent africain, sans faire aucune mention des espèces de Madagascar, de Maurice et des autres îles.

Comme je l'ai expliqué au début de mon Mémoire (1), M. Gilg donne à la famille des Ochnacées, et lui maintient encore aujourd'hui, une extension beaucoup trop grande et que j'ai montrée inadmissible désormais. Il y comprend, en effet, à titre de tribus, cinq groupes, dont deux seulement, savoir les Ouratéées et les Elvasiées, constituent pour moi la famille tout entière. De ces deux groupes, le premier, où il continue à ne vouloir reconnaître que les trois genres primitifs *Ouratea*, *Ochna* et *Brackenridgea*, est seul représenté en Afrique ; c'est donc entre ces trois genres qu'il distribue toutes les espèces.

Dans le genre *Ouratea*, il en énumère cinquante-deux, dont trente-deux nouvelles. D'après la nervation de la feuille, il les répartit entre les deux sections *Calophyllæ* et *Reticulatæ* de M. Engler, la première en comptant douze, dont huit nouvelles, la seconde quarante, dont vingt-quatre nouvelles. Toutes les espèces de la première section sont des Rhabdophylles (*Rhabdophyllum* v. T.). A l'exception de quatre, savoir : l'*O. Duparquetiana* Baillon, qui est un Diphyllanthe (*Diphyllanthus* v. T.), l'*O. Zenkeri* Engler, qui est un Diphyllopode (*Diphyllopodium* v. T.), l'*O. Mannii* (Oliver) Engler, qui est un Notocampyle (*Notocampylum* v. T.) et l'*O. elongata* (Oliver) Engler, qui est un Spongopyrène (*Spongopyrena* v. T.), comme on l'a vu dans mon Mémoire, toutes les espèces de la seconde section appartiennent, les unes au nombre de vingt-quatre, où l'inflorescence est une panicule, au genre Monélasme (*Monelasmum* v. T.), les autres, au nombre de douze, où l'inflorescence est une queue, au genre Exomicre (*Exomicrum* v. T.). Tous ces genres font partie, comme on sait, de la sous-tribu des Campylospermées, la sous-tribu des Orthospermées, avec le genre Ouratée restreint qui en est le type, étant localisée en Amérique.

Dans le genre *Ochna*, M. Gilg énumère cinquante-sept es-

(1) *Loc. cit.*, p. 162.







les unes sur les autres de manière à ne montrer que leurs faces inférieures; le réseau des nervures y est très saillant sur la face supérieure, qui est luisante, beaucoup moins sur la face inférieure, qui est terne. La panicule terminale porte sous chacune de ses branches une petite feuille ou bractée foliacée. En outre, à sa base même, à l'aisselle de la dernière feuille de la tige, plus petite que les autres, se forme régulièrement un rameau feuillé, dont les feuilles, plus petites, ne mesurent que 4 à 5^{cm} de long sur 1^{cm},5 de large. La présence simultanée de ce rameau feuillé et de ces bractées foliacées donne à la panicule un aspect tout particulier, qui permet de distinguer aussitôt cette espèce de toutes les autres Trichouratées, notamment de la Tr. floribonde dont elle diffère encore par ses feuilles à bord entier et non denté ; ce sera la Tr. feuillée (*T. foliosa* v. T.).

Elle se distingue aussi, entre toutes, par la structure de sa tige. Le cristarque externe y est bien rudimentaire, réduit à quelques rares cellules isolées, comme dans la plupart des Trichouratées, mais le périderme s'y forme dans l'exoderme, en exfoliant l'épiderme, tandis que, dans toutes les Trichouratées étudiées jusqu'ici, il prend naissance, comme on sait, dans l'épiderme même (1). Les faisceaux fibreux péricycliques tendent à s'unir en un anneau continu par la sclérose des cellules intermédiaires. Dans la feuille, l'épiderme du limbe, muni de courtes papilles sur la face supérieure seulement, est lignifié. L'écorce renferme quelques fibres errantes et les méristèles, presque cloisonnantes, ont une bande de cristarque en haut seulement.

L'introduction de cette espèce nouvelle porte à vingt-deux le nombre des Trichouratées actuellement connues.

14. Genre **Ouratée**.

Aux cinquante-cinq espèces, définitives ou provisoires, classées actuellement dans le genre Ouratée, tel qu'il a été défini et restreint (2), il y a lieu d'en ajouter aujourd'hui deux nouvelles, originaires l'une du Brésil, ce qui est ordinaire et banal, l'autre de l'île de l'Ascension, ce qui offre au point de vue de la Géographie botanique un intérêt particulier.

1. *Une Ouratée nouvelle du Brésil.* — Sello a récolté au Brésil

(1) *Loc. cit.*, p. 237.

(2) Ph. van Tieghem, *Sur les Ochnacées* (Ann. des Sc. nat., 8e série, Bot., XVI, p. 250, 1902).

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. PH. VAN TIEGHEM.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches et les figures dans le texte correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à XVII sont complets.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. EDMOND PERRIER.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à XVI sont complets.

Prix de l'abonnement à 2 volumes :

Paris : 30 francs. — Départements et Union postale : 32 francs.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées, pour la partie géologique, par M. HÉBERT, et pour la partie paléontologique, par M. A. MILNE-EDWARDS.

Tomes I à XXII (1879 à 1891). Chaque volume .... 15 fr.

Cette publication est désormais confondue avec celle des *Annales des Sciences naturelles*.

Prix des collections.

PREMIÈRE SÉRIE (Zoologie et Botanique réunies), 30 vol.		(*Rare*
DEUXIÈME SÉRIE (1834-1843).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
TROISIÈME SÉRIE (1844-1853).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
QUATRIÈME SÉRIE (1854-1863).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
CINQUIÈME SÉRIE (1864-1874).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
SIXIÈME SÉRIE (1875 à 1884).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
SEPTIÈME SÉRIE (1885 à 1894).	Chaque partie 20 vol.	300 fr.
GÉOLOGIE, 22 volumes.		330 fr.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

CORBEIL. — IMPRIMERIE ÉD. CRÉTÉ.

que la grappe terminale y est simple ou composée, elles peuvent être groupées en deux sections, destinées peut-être à devenir plus tard deux genres distincts. La première, où la grappe est simple, renferme cinq espèces et gardera le nom de Sétouratée. La seconde, où la grappe est composée, comprend trois espèces et prendra celui de Séticercouratée (*Seticercouratea*) (1).

Au second groupe, section ou genre, il convient maintenant d'ajouter l'espèce décrite et figurée en 1854 par A. Gray, sous le nom de *Gomphia linearis* (2). Ce sera la S. linéaire (*S. linearis* [A. Gray] v. T.). La grappe terminale y est, en effet, composée. Comme la S. tridentée, elle croît dans la Serra dos Orgaos, province de Rio de Janeiro, et se distingue de toutes les autres par l'étroitesse des feuilles d'où elle tire son nom.

Résumé de la sous-tribu des Orthospermées. — Les additions qui précèdent n'ont pas augmenté le nombre des genres de la sous-tribu des Orthospermées, qui reste fixé à vingt-deux ou peut-être à vingt-quatre, comme il a été dit dans mon Mémoire (3). Elles ont seulement introduit, dans quatre de ces genres, sept espèces nouvelles, savoir : trois Plicouratées, une Trichouratée, deux Ouratées et une Sétouratée. Cette incorporation porte à deux cent quatre le nombre des espèces, toutes américaines, qui composent actuellement cette sous-tribu.

2. SOUS-TRIBU DES CAMPYLOSPERMÉES.

23. Genre **Bisétaire**.

Défini comme on sait (4) et remarquable entre tous, le genre Bisétaire (*Bisetaria* v. T.) n'a toujours qu'un seul représentant certain, qui est la B. de Lecomte (*B. Lecomtei* v. T.) (5). Pourtant M. Laurent a rapporté du Congo belge, sans indication ni de localité ni d'époque, et sans numéro, un échantillon entièrement dépourvu de fleurs et de fruits, que MM. Engler et Gilg ont pu étudier et que M. Gilg a jugé tellement remarquable qu'il a cru devoir le décrire, dans son récent travail, comme espèce nouvelle, sous le nom de *Ouratea*

(1) *Loc. cit.*, p. 289.
(2) A. Gray, *United-States expl. Expedition*, Bot., I, p. 359, pl. XLI, 1854.
(3) *Loc. cit.*, p. 292.
(4) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 294, 1902.
(5) Sous le nom de *Ouratea Lecomtei*, cette espèce a été décrite il y a plus d'un an (*Bull. du Muséum*, VIII, p. 50, janvier 1902).

portés de l'Inde, depuis cette époque, par divers voyageurs ont été identifiés avec le C. angustifolié, qui passe, par conséquent, pour être le seul représentant indien non seulement du genre Campylosperme, mais de la tribu tout entière des Ouratéées (1).

Un examen sommaire des échantillons de l'Inde, réunis sous le nom de *Gomphia angustifolia* ou non encore nommés dans l'Herbier du Muséum, ayant éveillé mes doutes sur ce point, j'ai voulu les comparer attentivement d'abord à l'exemplaire original, puis entre eux, et cette comparaison m'a montré qu'il y a lieu de distinguer ici plusieurs espèces, jusqu'à présent confondues sous le même nom.

Grâce à l'obligeance de M. Warming, j'ai pu étudier la plante type de Vahl, conservée dans l'Herbier de Copenhague, de manière à la connaître avec plus de précision qu'il n'est possible d'après la très courte description de l'auteur.

La tige a son épiderme formé de cellules très petites. Le cristarque externe, bien développé, quoique discontinu, est séparé de l'épiderme d'abord par une seule assise, plus tard par deux assises provenant du recloisonnement de l'assise primitive ; il n'y a pas de cristarque endodermique. Le périderme se fait dans l'exoderme, en exfoliant l'épiderme, ce qui rend la surface, d'abord lisse et brune, bientôt rugueuse et jaune ; le liège épaissit et lignifie ses parois tangentielles; le phelloderme, réduit à deux ou trois assises, demeure parenchymateux, et se trouve séparé du cristarque par la seconde assise corticale.

Brièvement pétiolée et non sessile, comme le dit Vahl, la feuille a un limbe ovale atténué à la base et au sommet, où il se termine en pointe, lancéolé, à bord entier dans la région inférieure, pourvu de petites dents espacées dans la région supérieure, pareil sur les deux faces, qui sont également ternes et jaunes, mesurant 12 à 14^{cm} de long sur 3^{cm},5 à 4^{cm} de large. Les nervures latérales, très rapprochées et toutes semblables, y sont unies en un réseau délicat, saillant en haut et en bas; le long du bord, courent en ondulant, deux et çà et là trois nervures longitudinales parallèles. Il en résulte une nervation réticulée caractéristique. Dans le pétiole, le cristarque externe n'est représenté que par quelques cellules isolées, situées surtout en haut, mais le cristarque endodermique y est bien développé. Dans le limbe, l'épiderme est lignifié, mais offre çà et là une cellule plus grande, à face interne gélifiée. Les méristèles y sont cloisonnantes, à bande de cristarque endodermique en haut seulement.

(1) Voy. notamment Bennett dans Hooker, *Flora of brit. India*, I, p. 525, 1872.

L'inflorescence est une panicule terminale assez large, plus courte que les feuilles et sans écailles basilaires formant bague. L'échantillon est en fruits, presque tous tombés. Le pédicelle fructifère est grêle, articulé très près de la base et mesure 12mm. Le calice persistant, ainsi que le gynophore, sont peu développés; les drupes, qui dépassent beaucoup le calice, sont aplaties latéralement, à surface réticulée, arquées en dedans et insérées un peu au-dessus de la base. La graine est recourbée vers l'intérieur, au sommet seulement, en forme de crochet; la fausse cloison basilaire est rudimentaire. Sous le tégument rougeâtre, l'embryon, aplati latéralement comme la graine, a ses cotyles latérales, en un mot, est accombant. Des cellules à contenu jaune y sont mélangées aux cellules incolores; les unes et les autres sont dépourvues d'amidon; en un mot, il est exclusivement oléagineux.

Au type ainsi défini, je n'ai pu jusqu'ici rattacher sûrement, comme étant de la même espèce, que les échantillons récoltés dans l'Inde par Wight (n° 469).

Tous les autres échantillons de l'Inde que j'ai pu étudier dans l'Herbier du Muséum en diffèrent plus ou moins et, sous ce rapport, ils peuvent être rangés en trois catégories. Chez les uns, l'inflorescence se réduit à une grappe composée, à une sorte d'épi d'ombellules, en forme de queue plus ou moins longue; si elle est axillaire des feuilles, ce sont des Cercinies; si elle est terminale, ce sont des Campylocerques : on les étudiera tout à l'heure. Les autres ont pour inflorescence une panicule terminale; ceux-là seuls sont de vrais Campylospermes : considérons-les tout d'abord.

J'ai trouvé dans l'Herbier du Muséum, provenant de l'Herbier de Vaillant, une Ochnacée décandre, sans indication de localité ou de collectionneur, avec cette seule mention, « Gurunda Karpata, id est *Ricinus animalis* ». Comme l'atteste ce nom indigène, la plante vient de l'Inde et c'est tout ce que l'on en sait. Elle ressemble au C. angustifolié, notamment par la nervation réticulée de la feuille, mais elle en diffère nettement. La tige conserve plus longtemps sa surface lisse et sa couleur brune. La feuille, un peu luisante sur les deux faces, est plus petite, mesurant seulement 7cm de long sur 2cm,5 de large. La panicule terminale est plus longue que la feuille, mais surtout elle a, au-dessous d'elle, à l'aisselle des trois feuilles supérieures du rameau, autant de panicules plus étroites. Pour rappeler le délicat réseau des nervures, saillant sur les deux faces, ce sera le Campylosperme rétinerve (*C. retinerve* v. T.). La structure de la tige et de la feuille est de tout point la même que dans le C. angustifolié. Dans la tige, notamment, le cristarque externe est très déve-

loppé, presque continu, situé à deux rangs de l'épiderme. Le périderme est exodermique, à liège scléreux et phelloderme parenchymateux.

L'Herbier de Vahl renferme une plante, qui m'a été communiquée par le Musée de Copenhague, récoltée dans l'Inde par Breyn, et sur laquelle Vahl a écrit de sa main : « *Gomphia*. Confer cum *angustifolia* ». Elle ressemble, en effet, au C. angustifolié par la nervation de la feuille, mais s'en distingue par plusieurs caractères. La tige est noirâtre et non jaunâtre. La feuille a ses deux faces dissemblables ; luisante et foncée en haut, elle est terne et pâle en bas. Le limbe est moins atténué à la base, plus court et plus large, mesurant 10^{cm} de long sur 4^{cm} de large ; les dents du bord sont plus marquées et piquantes. La panicule terminale, qui est en fruits, est beaucoup plus longue que les feuilles, plus rameuse, plus étalée, et porte, au-dessous de chacune de ses branches inférieures, une feuille plus petite que les feuilles ordinaires. La structure de la tige et de la feuille est la même, à cette différence près que le pétiole a ici un cristarque externe très développé, séparé de l'épiderme par trois ou quatre assises en bas, par six ou sept en haut. L'ensemble de ces caractères fait de cette plante une espèce distincte, que je nommerai C. de Vahl (*C. Vahlianum* v. T.).

Wallich a trouvé dans l'Inde, en 1831, une plante (n° 2803) qu'il a rapportée au *Gomphia sumatrana* de Jack, mais que Planchon a identifiée en 1848 avec le *G. angustifolia* de Vahl (1), auquel elle ressemble, en effet, davantage, par la forme et la dimension des feuilles. Elle en diffère cependant, parce que le limbe est moins atténué à la base, que le réseau de nervures y est moins saillant, surtout en haut où il est un peu luisant, et parce que la panicule, aussi longue que la feuille, y est moins fournie. Ce sera le C. de Wallich (*C. Wallichianum* v. T.).

Leschenault a rapporté de Ceylan une plante identifiée, dans l'Herbier du Muséum, avec le *G. angustifolia* de Vahl, mais qui s'en distingue par ses feuilles plus petites, à faces dissemblables, la supérieure sombre, l'inférieure pâle, et par sa panicule lâche, plus longue que les feuilles, ayant sous les branches inférieures des feuilles plus petites, et accompagnée de panicules axillaires des feuilles supérieures. Ce sera le C. de Leschenault (*C. Leschenaulti* v. T.).

La plante récoltée à Ceylan, au pic Adam, en 1837, par Me Walker, a été identifiée par Planchon en 1847 avec le *G. angustifolia* de

(1) Dans Hooker, *Icones plantarum*, VIII, pl. DCCXII, 1848.

Vahl (1) auquel il ressemble, en effet, par la forme, la dimension et la nervation des feuilles; elle en diffère notamment par une panicule terminale étroite, plus longue que les feuilles et accompagnée de panicules semblables à l'aisselle des feuilles supérieures. Ce sera le C. de Walker (*C. Walkeri* v. T.).

Thwaites a récolté à Ceylan, en 1854, et distribué sous le même n° 2412, deux plantes différentes, qu'il a identifiées avec le *G. angustifolia* de Vahl (2). Elles lui ressemblent, en effet, par leur panicule terminale solitaire et sans petites feuilles à la base des branches inférieures, mais elles s'en distinguent toutes les deux. Dans l'une, la panicule est lâche, plus longue que les feuilles, mesurant 10 à 12cm; les ombelles y sont pédicellées, et les fleurs, portées sur des pédicelles de 10mm, ont leurs sépales larges et bruns : ce sera le C. de Thwaites (*C. Thwaitesi* v. T.). Dans l'autre, la panicule est plus courte que les feuilles, plus ramassée, ne mesurant que 4 à 5cm de long; les ombelles y sont sessiles, et les fleurs, portées sur des pédicelles plus longs, mesurant 15mm, ont des sépales étroits et rougeâtres; après la chute des fleurs, les groupes de moignons forment sur les branches de la panicule comme autant de nodosités : ce sera le C. noueux (C. *nodosum* v. T.).

Outre le C. lisse et le C. angustifolié, l'Inde et Ceylan ont donc sept autres Campylospermes, voisins du C. angustifolié, auquel ils ressemblent, notamment par la remarquable nervation des feuilles, ainsi que par la structure de la tige et de la feuille, et avec lequel ils étaient jusqu'ici confondus.

La plante de Ceylan, décrite et figurée par Burmann en 1737 (3), que Lamarck a nommée *Ochna zeylanica* en 1796 (4), et plus tard A.-P. de Candolle *Gomphia zeylanica* en 1811 (5), qui est conservée dans l'Herbier Delessert, mais que je n'ai pas encore pu étudier, est sans doute aussi un Campylosperme. Bien que A.-P. de Candolle regarde cette espèce comme très distincte du *G. angustifolia* de Vahl « *species distinctissima* », elle a été identifiée avec elle, d'abord par Wight et Arnott, puis par Planchon et par tous les auteurs qui ont suivi. A en juger par la figure de Burmann, elle lui ressemble par la nervation réticulée de la feuille, mais en diffère beaucoup par

(1) Planchon, *Sur le genre Godoya* (London Journal of Botany, VI, p. 3, 1847).
(2) Thwaites, *Ceylon plants*, p. 71, 1864.
(3) Burmann, *Thesaurus Zeylanicus*, p. 123, pl. LVI, 1737.
(4) Lamarck, *Dictionnaire*, IV, p. 512, 1796.
(5) A.-P. de Candolle, *Annales du Muséum*, XVII, p. 415, 1811.

l'inflorescence. Je la considère donc comme différente et ce sera le C. de Ceylan (*C. zeylanicum* [Lamarck] v. T.).

Rheede a observé dans l'Inde, près de Candenate, deux Ochnacées qu'il a décrites et figurées en 1685, la première sous le nom indigène de *Tsjocatti* (1), la seconde sous celui de *Poeatsjetti* (2). Celle-ci, que l'auteur n'a figurée qu'avec des inflorescences monstrueuses, a été rattachée par A.-P. de Candolle, en 1811, au genre *Gomphia*, et nommée *G. malabarica* (3). Elle a été identifiée avec le *G. angustifolia* de Vahl, d'abord par Wight et Arnott, puis par Planchon (4), et en dernier lieu par Bennett (5). Elle s'en montre pourtant bien distincte, notamment par ses feuilles luisantes, à nervures latérales presque invisibles. Ce sera le C. du Malabar (*C. malabaricum* [A.-P. de Candolle] v. T.).

L'autre espèce, le *Tsjocatti*, semble avoir échappé, comme Ochnacée, à A.-P. de Candolle, qui n'en fait pas mention. M. Bennett, la confondant à tort avec la première, l'a identifiée comme elle avec le *G. angustifolia*, dont elle se distingue pourtant nettement par sa panicule terminale raccourcie et ombelliforme, ainsi que par ses feuilles luisantes, à bord denté jusqu'en bas, à faces dissemblables, à nervures latérales bien marquées, mais non anastomosées en réseau. C'est donc une espèce de Campylosperme non reconnue jusqu'ici et que je nommerai C. de Rheede (*C. Rheedi* v. T.).

Ajoutées aux neuf précédentes, ces trois espèces anciennes portent à douze le nombre des Campylospermes de l'Inde et de Ceylan actuellement connus, quatre déjà décrites comme *Gomphia*, et huit nouvellement distinguées.

2. *Six Campylospermes nouveaux de la presqu'île Malaise et de la Malaisie.* — Au cours du voyage de l'*Astrolabe* et de la *Zélée*, sous le commandement du capitaine Dumont d'Urville, Hombron a récolté en 1839, dans l'île de Singapore, un Campylosperme remarquable tout d'abord par sa tige blanchâtre, qui contraste avec la teinte sombre des pétioles et des pédoncules floraux, et par ses feuilles toutes arquées vers le bas et reployées en deux le long de la nervure médiane. Ce sera le C. plié (*C. plicatum* v. T.).

Par leur forme et leur nervation, les feuilles ressemblent à celles du C. angustifolié, mais elles sont plus petites, mesurant 8 à 11^{cm} de long sur 2 à $2^{cm},5$ de large, plus foncées en haut, plus pâles en bas, et le

(1) Rheede, *Hortus malabaricus*, V, p. 95, pl. XLVIII, 1685.
(2) *Loc. cit.*, p. 103, pl. LII.
(3) *Loc. cit.*, p. 416, 1811.
(4) *Loc. cit.*, p. 3, 1847.
(5) *Loc. cit.*, p. 525, 1872.

fin réseau des nervures y est beaucoup moins marqué, surtout en bas. La panicule terminale, qui est fructifère, est plus longue que les feuilles et porte çà et là, sous les branches inférieures, une feuille plus petite ; en outre, plusieurs des feuilles supérieures de la pousse produisent, à leur aisselle, des grappes composées d'ombellules. Le calice persistant et le gynophore sont plus développés et les drupes sont moins arquées en dedans que chez le C. angustifolié.

La tige a son cristarque externe bien développé, situé à deux rangs de l'épiderme, qui est formé de petites cellules. Le périderme se fait dans l'exoderme, avec un liège à parois minces et un phelloderme peu développé sans sclérose. On trouve plus tard quelques cellules scléreuses isolées dans le liber secondaire.

Dans la feuille, le pétiole a un cristarque externe, séparé de l'épiderme par deux rangs au-dessous, par cinq à six rangs au-dessus, avec des cellules toutes semblables disséminées dans l'écorce et dans la moelle. Le limbe a dans son épiderme des cellules gélifiées ; les méristèles y sont cloisonnantes avec bande de cristarque en haut seulement.

M. Ridley a récolté, en décembre 1892, à Batutiga, dans l'État de Malacca, une plante (n° 987) qu'il a distribuée sous le nom de *G. angustifolia*, mais qui diffère nettement de cette espèce. La tige est blanchâtre et les feuilles, pâles aussi sur les deux faces, mais plus petites, mesurant 8^{cm} de long sur $2^{cm},5$ de large, ont leur réseau de nervures à peine saillant, surtout en haut. Plus longue que les feuilles, la panicule terminale redresse verticalement ses branches ; elle est accompagnée de plusieurs autres panicules plus étroites et également redressées, axillaires des feuilles supérieures de la pousse. Ce sera le C. dressé (*C. strictum* v. T.).

La tige a son cristarque externe très développé, situé à trois rangs de l'épiderme. Le périderme y est exodermique, avec liège à parois minces et phelloderme parenchymateux laissant entre lui et le cristarque deux rangs de cellules ordinaires. Le liber secondaire a quelques cellules scléreuses et la moelle en renferme en assez grand nombre au milieu de ses cellules ordinaires lignifiées.

Dans la feuille, le pétiole n'a pas de cristarque externe, mais le cristarque endodermique y est bien représenté. Dans le limbe, l'épiderme est lignifié, et les méristèles, qui ne sont pas tout à fait cloisonnantes, ont une bande de cristarque en haut seulement.

Les collecteurs de M. King ont rapporté de Larut, près de Perak, de 1882 à 1884, trois plantes qui ont été distribuées par lui sous le nom de *Gomphia sumatrana* Jack. J'ai pu étudier cette espèce,

décrite d'abord en 1820 par Jack (1), puis en 1848 par Planchon, qui l'a bien distinguée du *G. angustifolia* de Vahl (2), sur un fragment d'échantillon récolté par Marsden à Sumatra, qui m'a été communiqué par l'Herbier de Kew. C'est bien un Campylosperme, le C. de Sumatra (*C. sumatranum* [Jack] v. T.). En lui comparant les trois plantes de Perak, j'ai pu me convaincre qu'elles ne lui appartiennent pas. Les feuilles notamment y sont coriaces et non membraneuses, pâles et non foncées, plus petites, mesurant au plus 14^{cm} sur 5^{cm}, au lieu de 23^{cm} sur 7^{cm}, à nervures latérales toutes semblables et non pas de deux sortes, à deux nervures marginales et non à trois nervures dont la plus interne est située à environ un centimètre du bord.

En outre, ces trois plantes diffèrent assez l'une de l'autre pour qu'il faille les considérer comme autant d'espèces distinctes.

La première (n° 3 370), récoltée en fleurs en septembre 1882, a des feuilles plus petites que les deux autres, mesurant 10^{cm} sur 3^{cm}. La panicule terminale, plus longue que les feuilles, y est lâche et porte une petite feuille, ou une bractée foliacée, sous ses branches inférieures. Les pédicelles y sont articulés à la base même. Les pétales y sont cunéiformes et émarginés. Ce sera le C. de King (*C. Kingi* v. T.).

La seconde (n° 4 545), récoltée en fruits en 1883, a des feuilles plus grandes, mesurant environ 14^{cm} à 18^{cm} sur 5^{cm} à 6^{cm}. La panicule terminale, plus courte ou de même longueur que les feuilles, est plus étroite et plus serrée. Les pédicelles sont articulés à 3 ou 4^{mm} de la base. Ce sera le C. de Perak (*C. perakense* v. T.).

La troisième (n° 6 598), récoltée en fleurs passées en septembre 1884, a des feuilles moins longues et plus larges, mais atténuées à la base, mesurant 11^{cm} à 14^{cm} sur 4^{cm} à 6^{cm}. La panicule terminale est beaucoup plus courte que les feuilles, et sans bractées foliacées sous ses branches inférieures. Comme dans la première, les pédicelles sont articulés très près de la base. Ce sera le C. raccourci (*C. abbreviatum* v. T.).

Dans ces trois espèces, la structure de la tige et de la feuille offre les mêmes caractères que dans le C. angustifolié et les autres espèces de l'Inde. Le périderme, notamment, y est exodermique, avec cristarque situé à deux rangs de l'épiderme.

Cuming a récolté à l'île de Luçon, dans la province de Balangas, en 1839, une plante (n° 1 520), que Planchon a identifiée en 1847 avec

(1) Jack, *Malay. Miscell.*, I, p. 29, 1820; et Hooker, *Bot. Miscellany*, II, p. 77, 1831.
(2) Dans Hooker, *Icones plantarum*, VIII, pl. LXXII, 1848.

le *C. angustifolia* de Vahl (1), opinion adoptée plus tard par Vidal en 1895 (2). Elle en diffère pourtant beaucoup, notamment par ses feuilles plus petites mesurant 9^{cm} sur 3^{cm}, foncées et un peu luisantes en dessus, pâles et ternes en dessous, à bord crénelé, non denté, à nervures latérales invisibles en haut et très peu saillantes en bas ; sur la face inférieure, on voit bien les deux nervures marginales, l'une au bord même, l'autre à 2^{mm} du bord. La panicule terminale est très étroite et porte de petites feuilles au-dessous de ses deux ou trois branches inférieures. Les ombellules y sont multiflores et sessiles, de sorte que les fleurs, après leur chute, laissent sur les branches des sortes de nodosités hérissées.

La structure de la tige et de la feuille offre les mêmes caractères que dans les espèces précédentes. Dans la tige, notamment, le cristarque est séparé de l'épiderme par deux assises, et le périderme est exodermique. Dans la feuille, l'épiderme est lignifié, avec quelques rares cellules gélifiées en dedans, et les méristèles sont cloisonnantes avec bande de cristarque en haut seulement.

Il s'agit donc bien d'une espèce distincte, que je nommerai C. de Cuming (*C. Cumingi* v. T.).

A ces six espèces, si l'on ajoute d'une part le C. de Sumatra, de l'autre les deux plantes récoltées à Bornéo par M. Beccari, décrites récemment par M. Bartelletti sous les noms de *Ouratea borneensis* et de *O. Beccariana* (3), et que j'ai rattachées au genre Campylosperme (4), on voit que ce genre est maintenant représenté en Malaisie et dans la péninsule Malaise par neuf espèces distinctes, dont trois déjà décrites et six nouvelles.

3. *Onze Campylospermes nouveaux de Madagascar.* — L'Herbier du Muséum renferme, provenant de l'Herbier de Vaillant, une Ochnacée récoltée à Madagascar, de 1655 à 1657, par Flacourt, qui l'a publiée sous son nom indigène de *Voauerome*, avec cette remarque : « C'est un fruit violet menu comme la groiselle (*sic*) rouge, qui est doux et très agréable ; il teinct en noir et en violet (5). » Après plus d'un siècle, en 1788, cette plante a été de nouveau rapportée de Madagascar par Commerson, dont les échantillons ont été décrits par Lamarck, en 1796, sous le nom de *Ochna obtusifolia* (6).

Après avoir reconnu l'identité de la plante de Flacourt et de celle

(1) *Loc. cit.*, p. 3, 1847.
(2) Vidal y Soler, *Phanerogamæ Cumingianæ Philippinarum*, p. 101, 1895.
(3) *Malpighia*, XV, p. 156 et p. 159, 1902.
(4) *Loc. cit.*, p. 301, 1902.
(5) Flacourt, *Histoire de la grande isle Madagascar*, p. 122, 1661.
(6) Lamarck, *Dictionnaire*, IV, p. 510, 1796.

de Commerson, A.-P. de Candolle l'a décrite de nouveau et figurée, en 1811, sous le nom de *Gomphia obtusifolia* (1). En même temps, il a fait la faute de l'identifier avec le *G. lævigata* décrit par Vahl, en 1791, d'après un échantillon récolté dans l'Inde par Kœnig (2). Pourtant, un doute subsistait sur ce point dans son esprit, puisqu'il a dit : « Nomen Lamarckii retinui etiamsi paulo posterius, cum omnes species habeant folia lævigata et cum Vahlii species a nostra sit paululum diversa. » D'autre part, A.-L. de Jussieu, dans une note de sa main à l'échantillon de Commerson, s'exprime ainsi : « An *Gomphia lævigata* Vahl, cujus descriptio convenit, exceptis foliis ungue latioribus? Præterea Vahl, qui vidit in herbario nostro specimen hic adjunctum, suo illud nomine non inscripsit : unde forsan ex ipso species nova. »

A cette plus grande largeur des feuilles, déjà remarquée par Jussieu, on peut ajouter plusieurs autres différences. Le limbe est arrondi à l'extrémité, très rarement un peu émarginé ; Vahl le dit constamment émarginé. Le réseau des nervures est bien visible sur la face inférieure, qui est luisante, beaucoup moins sur la face supérieure, qui est terne et où les nervures latérales se dessinent souvent en creux; Vahl dit les deux surfaces également brillantes et sans nervures visibles, « nitida, avenia ». La ligule bidentée est persistante; Vahl ne parle pas des stipules, ce qui laisse croire qu'elles sont caduques, comme dans les autres espèces de l'Inde. Pour achever la démonstration, il eut fallu pouvoir comparer la plante de Flacourt et de Commerson avec le type indien; malheureusement il a été impossible de retrouver l'exemplaire original de Kœnig dans l'Herbier de Vahl au Musée de Copenhague; il semble en avoir disparu. Ce qui précède suffit néanmoins pour établir que notre plante n'est pas le *G. lævigata* de Vahl. C'est une espèce distincte que, dans mon Mémoire, j'ai rattachée au genre Campylosperme; c'est donc le C. obtusifolié (*C. obtusifolium* [Lamarck] v. T.) (3).

L'Herbier du Muséum renferme, en outre, plusieurs échantillons récoltés au cours du XIXe siècle dans différentes régions de Madagascar et dans les petites îles voisines, par divers voyageurs, tous rapportés par Baillon, en 1886, à ce même *G. lævigata* de Vahl, sous le nom de *Ouratea lævigata* (4). Dans mon Mémoire, j'ai cru pouvoir regarder cette identification comme valable et l'accepter

(1) A.-P. de Candolle, *Ann. du Muséum*, XVII, p. 416, pl. VIII, 1811.
(2) Vahl, *Symbolæ bot.*, II, p. 49, 1791.
(3) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 297, 1902.
(4) Baillon, *Bull. de la Soc. Linn. de Paris*, p. 586, 1886, et *Hist. nat. des pl. de Madagascar*, pl. CXLIV, 1890.

sans défiance (1); j'ai eu tort. Aucun de ces échantillons n'appartient, en réalité, au *G. lævigata* de Vahl, dont ils s'écartent même tous, notamment par la plus grande dimension des feuilles, plus fortement que le C. obtusifolié. Cette espèce n'est donc pas représentée du tout à Madagascar; elle est et demeure confinée dans l'Inde. Au point de vue de la Géographie botanique, ce résultat ne manque pas d'offrir un certain intérêt. Il permet, en effet, d'affirmer désormais qu'aucune Ochnacée actuellement connue n'habite en même temps l'Inde et Madagascar.

En y regardant de plus près, on s'assure ensuite que ces divers échantillons non seulement diffèrent du C. obtusifolié, mais encore représentent, dans le genre Campylosperme, plusieurs espèces distinctes et nouvelles, qu'il s'agit maintenant de caractériser brièvement et de dénommer.

Aubert du Petit-Thouars a rapporté de Madagascar, en 1795, sans indication de localité, deux échantillons assez différents. L'un a des feuilles longuement pétiolées, à limbe largement ovale, atténué à la base où il est décurrent sur le pétiole, arrondi au sommet où il est souvent émarginé, à bord entier, à faces dissemblables, l'inférieure rougeâtre, la supérieure bronzée, à réseau de nervures bien visible sur les deux faces; le pétiole, renflé à la base, mesure 1^{cm} et davantage, le limbe 11^{cm} de long sur 6^{cm} de large; la ligule bidentée est persistante. La panicule terminale est solitaire et plus courte, ou aussi longue que les feuilles. Ce sera le C. ovale (*C. ovale* v. T.).

L'autre a des feuilles plus longues et surtout plus étroites, mesurant 12^{cm} de long sur $3^{cm},5$ de large, à bord marqué de très petites dents espacées dans la région supérieure arrondie, luisantes en bas, ternes en haut, à réseau de nervures visibles en bas, non en haut. La ligule bidentée est aussi persistante. La panicule terminale est plus longue que les feuilles et accompagnée de plusieurs autres à l'aisselle des feuilles supérieures de la pousse. Ce sera le C. de Thouars (*C. Thouarsi* v. T.).

Bernier a récolté, en 1834, sur la côte orientale, près de Tintingue (n° 174), un « joli arbuste » que les indigènes nomment *Maroudi*. Par la forme, la couleur, la dimension et le mode de nervation des feuilles, il ressemble beaucoup au C. ovale. Il en diffère d'abord parce que la ligule y est promptement caduque et parce que la panicule terminale solitaire y est plus longue que les feuilles. Ce sera le C. de Bernier (*C. Bernieri* v. T.).

Chapelier a rapporté de Madagascar, sans indication de localité,

(1) *Loc. cit.*, p. 297.

une plante du même genre à tige noire, à feuilles plus petites, mesurant 6 à 8^{cm} de long sur 2^{cm} à 2^{cm},5 de large, à bord entier, foncées des deux côtés, à nervure médiane noire, à réseau de nervures visible en bas, pas en haut, à ligule persistante. La panicule terminale y est solitaire et plus longue que les feuilles. Ce sera le C. de Chapelier (*C. Chapelieri* v. T.).

La plante récoltée par Bréon (n° 38) a une tige noire cannelée, des feuilles relevées et appliquées le long de la tige, à pétiole noir et court, à limbe décurrent sur le pétiole jusqu'à sa base, arrondi mais un peu atténué au sommet, où il porte de petites dents espacées et piquantes ; les nervures latérales sont très obliques sur la médiane, et le réseau est visible sur les deux faces, plus fortement en bas ; elles mesurent 13^{cm} de long sur 4^{cm} de large ; la ligule bidentée est persistante. La panicule terminale, solitaire et plus longue que les feuilles, redresse ses branches inférieures peu nombreuses et mesure jusqu'à 25^{cm} de long. Ce sera le C. de Bréon (*C. Breoni* v. T.).

L'échantillon rapporté par M. de Lastelle, en 1841, ressemble par la forme et la dimension des feuilles aux C. ovale et de Bernier; du premier elle diffère par la prompte caducité de la ligule et de tous les deux par la nervation de la feuille. Les nervures latérales sont ici de deux sortes; les principales, espacées et recourbées vers le haut, sont marquées en creux et seules visibles sur la face supérieure, moins distinctes du reste du réseau, qui est très saillant, sur la face inférieure. En outre, la panicule terminale solitaire est très rameuse, très étalée et beaucoup plus longue que les feuilles. Ce sera le C. de Lastelle (*C. Lastelli* v. T.).

M. Humblot a récolté à Andahoul, dans la région boréale, une plante (n° 64) à feuilles plus petites, longuement pétiolées, à pétiole ailé, à ligule caduque, à limbe atténué à la base et au sommet, lancéolé, crénelé vers l'extrémité ; les nervures latérales sont de deux sortes : les grandes, distantes et recourbées vers le haut, sont sculptées en creux sur la face supérieure, à peine visibles, mais aussi plutôt en creux, sur la face inférieure, où le réseau ne fait pas saillie ; le pétiole dépasse 1^{cm} ; le limbe mesure 7 à 9^{cm} de long sur 2 à 3^{cm} de large. La panicule terminale, peu ramifiée, ne dépasse que très peu les feuilles ; les boutons sont plus gros et les fleurs plus grandes que dans les espèces précédentes. Ce sera le C. sculpté (*C. sculptum* v. T.).

Une autre plante, récoltée par M. Humblot, en 1882, sur la côte orientale, à Mahavelona (Foulepointe), a de grandes feuilles à ligule persistante, dont le pétiole mesure 1^{cm},5, et le limbe ovale allongé 12^{cm} sur 5^{cm}, à sommet arrondi et un peu émarginé, à réseau de

nervures fortement saillant en bas et presque autant en haut. La panicule terminale solitaire est ici plus courte que les feuilles, très rameuse et à rameaux très rapprochés, très dense. Ce sera le C. dense (*C. densum* v. T.).

M. Humblot a trouvé encore, sur la côte occidentale, à Nossi Bé, une plante (n° 141) à feuilles très coriaces, longuement pétiolées, à limbe atténué à la base, atténué d'abord, puis arrondi au sommet où le bord est crénelé, à réseau de nervures saillant en bas, visible mais peu saillant en haut. Le pétiole mesure plus d'un centimètre, le limbe 8 à 9^{cm} de long sur $2^{cm},5$ à 3^{cm} de large. La panicule terminale est plus longue que les feuilles, très ramifiée et très lâche. Ce sera le C. coriace (*C. coriaceum* v. T.).

Boivin a récolté sur la côte orientale, à Nossi Burrah (île Sainte-Marie), un arbuste à tige épaisse, noire, à écorce fendillée en long et en travers, comme quadrillée, à feuilles brièvement pétiolées, à limbe étroit et long, mesurant 14 à 15^{cm} sur $3^{cm},5$ à 4^{cm}, atténué à la base, arrondi au sommet où il porte de petites dents espacées, à réseau de nervures visible sur les deux faces; la ligule bidentée, épaisse et noire, est persistante. La panicule terminale est solitaire, plus longue que les feuilles, dépassant 20^{cm}, à gros pédoncule, ne produisant que quelques branches à la base. Ce sera le C. nigricaule (*C. nigricaule* v. T.).

Le même voyageur a rapporté de la même région un arbuscule très rameux à branches dénudées, ne portant de feuilles qu'au sommet des rameaux, ce qui montre qu'elles sont caduques. La tige est mince et grisâtre; la feuille est plus courte et plus longuement pétiolée, à ligule caduque. La panicule terminale solitaire est beaucoup plus petite, plus grêle et moins rameuse que dans l'espèce précédente. Ce sera le C. dénudé (*C. denudatum* v. T.).

Dans ces diverses espèces, la structure de la tige et de la feuille offre aussi quelques modifications intéressantes, qui viennent s'ajouter, chez plusieurs d'entre elles, aux différences de forme extérieure pour achever de les caractériser.

Dans la tige, le cristarque est toujours bien développé, avec de plus ou moins larges discontinuités; il est séparé de l'épiderme le plus souvent par deux assises, quelquefois par trois ou quatre assises provenant d'un recloisonnement précoce. Dans ce dernier cas, il peut demeurer simple (C. de Chapelier), ou se doubler en dedans par des cellules semblables (C. sculpté, nigricaule), ou se renforcer en dehors par la différenciation de séries radiales de trois ou quatre cellules semblables, qui forment à sa surface comme autant de crêtes saillantes (C. de Thouars), ou se renforcer à la fois en dehors

de cette manière et en dedans par la différenciation de nombreuses cellules corticales internes (C. de Lastelle). Il se forme quelquefois des cellules scléreuses dans l'écorce (C. de Lastelle), dans la moelle (C. ovale) ou dans le liber secondaire (C. de Bréon, de Lastelle, nigricaule). Le périderme s'y fait toujours dans l'exoderme, en exfoliant l'épiderme; dans le C. ovale seul, je l'ai vu naître par places dans l'épiderme. On sait qu'il est épidermique dans le C. obtusifolié. Le liège a le plus souvent ses parois épaissies et lignifiées (C. de Bernier, de Chapelier, de Bréon, sculpté, dense, etc.); quelquefois il les garde minces (C. dénudé). Le phelloderme est toujours peu développé et demeure parenchymateux, même dans un âge avancé.

Dans le pétiole de la feuille, le cristarque est moins développé que dans la tige; la moelle de la méristèle y renferme parfois des cellules semblables (C. de Lastelle). Dans le limbe, l'épiderme, toujours lignifié en dehors sous la cuticule, n'offre parfois que çà et là une cellule gélifiée, qui ne fait pas saillie en dedans (C. de Chapelier, sculpté, dense); le plus souvent toutes ses cellules se gélifient plus ou moins fortement et beaucoup plongent dans l'assise palissadique (C. ovale, de Thouars, de Bernier, de Bréon, coriace, dénudé). L'écorce renferme quelquefois un grand nombre de fibres rameuses, détachées des faisceaux fibreux péridesmiques des méristèles et se dirigeant vers l'épiderme sous lequel elles rampent, surtout en haut (C. de Chapelier, sculpté); ailleurs, elle n'a que de rares fibres errantes (C. ovale, dénudé); le plus souvent elle en est dépourvue. Les méristèles, qui ne sont pas cloisonnantes, ont d'ordinaire une bande de cristarque endodermique en haut seulement, rarement aussi en bas (C. ovale, sculpté).

En comptant le C. obtusifolié, c'est un total de douze espèces distinctes de Campylospermes, croissant à Madagascar, qui se trouvaient jusqu'à présent réunies sous le même nom, et sous un nom qui ne leur convient à aucune, bien mieux, qui appartient à une espèce étrangère à la région. Nouvel et frappant exemple, à ajouter à tous ceux que j'ai déjà signalés dans mon Mémoire, de la grande confusion qui règne dans les Herbiers au sujet des plantes de cette famille et qu'il est grand temps de dissiper.

4. *Résumé.* — Par ce triple apport, huit de l'Inde et de Ceylan, six de la presqu'île Malaise et de la Malaisie, onze de Madagascar, le genre Campylosperme se trouve maintenant enrichi de vingt-cinq espèces nouvelles, ce qui porte à quarante-quatre le nombre de ses espèces actuellement connues. Ainsi constitué, il est répandu à la fois en Malaisie et dans la presqu'île Malaise, où il a neuf espèces,

dans l'Inde et Ceylan où il en a douze, et à Madagascar où il en a vingt-deux.

Une fois de plus, on voit par là combien, même aujourd'hui, l'étude attentive de la morphologie externe et de la structure des nombreux échantillons lentement accumulés au cours du dernier siècle dans notre riche Herbier du Muséum, peut encore être profitable à la Science, non seulement en distinguant des formes jusqu'ici confondues, en caractérisant des espèces jusqu'ici méconnues comme telles, mais encore en délimitant avec plus de précision l'aire géographique des genres.

Sur le continent africain, le genre Campylosperme n'est représenté jusqu'ici que par une seule espèce, le C. de Dybovski, trouvé sur la côte occidentale, au cap Lopez, par M. Dybovski en 1894 et récolté de nouveau tout récemment, en 1902, dans la même région, par M. Chevalier. Déjà très séparée de toutes les autres par son habitat géographique, cette remarquable espèce, dont la fleur est encore imparfaitement connue, s'en distingue aussi par divers caractères, notamment par son embryon oléo-amylacé.

Il se peut que, parmi les espèces de la même région dont l'inflorescence est une panicule et qui ont été classées par moi dans le genre Monélasme (*Monelasmum* v. T.) (1), mais où la conformation de l'embryon n'a pas encore pu être étudiée, ce qui rend ce classement provisoire, il y en ait où l'embryon est également isocotylé, accombant et oléo-amylacé, et non, comme dans les vrais Monélasmes, hétérocotylé, incombant et oléagineux. Celles-là devront, dans l'avenir, ou bien être rangées aussi dans le genre Campylosperme, ou bien constituer, autour du C. de Dybovski, un groupe générique nouveau, propre à l'Afrique occidentale.

25. Genre **Campylocerque**.

Les Campylocerques (*Campylocercum* v. T.) diffèrent, comme on sait (2), des Campylospermes par la nature de l'inflorescence terminale, qui est une grappe spiciforme composée, en forme de queue plus ou moins longue, et non une panicule. On n'en connaissait jusqu'à présent que trois espèces, originaires, une de Cochinchine, une de Bornéo et une de Java. On va voir que ce genre est auss représenté dans l'Inde.

(1) *Loc. cit.*, p. 326.

(2) Ph. van Tieghem, *Sur les Ochnacées* (Ann. des Sc. nat., 8e série, Bot., XVI, p. 194 et p. 305, 1902.

Hohenacker a récolté dans le territoire de Canara, près de Mangalor, une plante (n° 89) distribuée dans les Herbiers en 1849 sous le nom de *Gomphia angustifolia* Vahl. De cette espèce, elle diffère d'abord par ses feuilles qui sont caduques, rapprochées en petit nombre au sommet des rameaux dénudés, plus petites, ne mesurant que 7 à 9^{cm} de long sur 2 à 2^{cm},5 de large, foncées et luisantes sur les deux faces, à nervures latérales très peu saillantes. Elle s'en distingue aussi par l'inflorescence terminale, qui est non une panicule, mais une grappe spiciforme d'ombellules, en forme de queue, plus courte que les feuilles. C'est donc bien un Campylocerque, et ce sera le C. paucifolié (*C. paucifolium* v. T.).

Sous le même numéro et sous le même nom, le même collecteur a distribué une seconde espèce du même genre, qui diffère de la première, d'abord par des feuilles persistantes, plus grandes, mesurant 9 à 11^{cm} de long sur 2^{cm},5 à 3^{cm},5 de large, plus claires, à réseau de nervures plus visible, ensuite parce que les feuilles supérieures du rameau portent à leur aisselle des inflorescences pareilles à la terminale. Ce sera le C. de Hohenacker (*C. Hohenackeri* v. T.).

Metz a rapporté de l'Inde, en 1858, une troisième plante (n° 2225), qui ressemble à la première par son inflorescence, mais en diffère nettement par ses feuilles plus grandes, mesurant 10 à 13^{cm} de long sur 3 à 3^{cm},5 de large, jaune rougeâtre sur les deux faces, luisantes en haut, à réseau de nervures un peu plus visible, surtout en haut. Ce sera le C. de Metz (*C. Metzi* v. T.).

La structure de la tige et de la feuille est la même dans ces trois espèces. Dans la tige, le cristarque externe est bien développé, à deux rangs de l'épiderme. Le périderme se forme dans l'exoderme, avec un phelloderme parenchymateux. Dans la feuille, l'épiderme est entièrement lignifié, sans cellules gélifiées; les méristèles sont cloisonnantes, avec bande de cristarque en haut seulement.

Ces trois espèces de l'Inde portent à six le nombre des Campylocerques actuellement connus. Elles étendent, en même temps, vers l'ouest l'aire géographique du genre.

26. Genre **Cercanthème**.

Les Cercanthèmes (*Cercanthemum* v. T.) diffèrent, comme on sait (1), des deux genres précédents par leur inflorescence basilaire, qui est une longue grappe spiciforme d'ombellules, en forme de

(1) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 305, 1902.

queue, axillaire des écailles inférieures de la pousse feuillée, ou parfois des feuilles inférieures de cette pousse. Ce genre compte actuellement huit espèces, dont sept habitent Madagascar et une seule la côte orientale d'Afrique, à Zanzibar.

Parmi les premières, l'une des plus remarquables est assurément le C. amplexicaule (*C. amplexicaule* [Hoffman] v. T.). L'Herbier du Muséum renferme bon nombre d'échantillons d'origine diverse, rapportés tous également à cette espèce par Baillon, attribution que j'ai admise dans mon Mémoire (1). Depuis, en les examinant de plus près, j'ai reconnu qu'ils sont en réalité de deux sortes. Dans les uns, trouvés à Nossi Bé par Richard (n[os] 358 et 675), en 1840, et par Boivin (n° 2195), en 1851, les feuilles, d'ailleurs assez variables de forme et de grandeur, sont vraiment amplexicaules et les épis d'ombellules, qui sont très grêles et très longs, naissent à l'aisselle des feuilles inférieures de la pousse, dont les écailles sous-jacentes sont stériles. Sous ces trois rapports, ils ressemblent bien à l'exemplaire original, récolté par Hildebrandt (n° 3336) à Nossi Komba, en 1880, et peuvent lui être identifiés.

Les autres, trouvés à Madagascar par Chapelier, à Nossi Bé par Pervillé (n° 345) en 1880, et à Nossi Fali par le même voyageur (n° 723) en 1841, en diffèrent d'abord parce que les feuilles, moins brièvement pétiolées, ont bien leur limbe auriculé à la base, mais non amplexicaule, ensuite parce que les épis d'ombellules, qui sont moins grêles et moins longs, naissent plus tôt et plus bas à l'aisselle des écailles basilaires de la pousse feuillée, dont les feuilles inférieures sont stériles, enfin parce que les fleurs y sont roses et non jaunes. Par là, ils représentent une espèce voisine, mais distincte, que je nommerai C. auriculé (*C. auriculatum* v. T.).

Chapelier a rapporté de Madagascar une plante du même genre, que Baillon a identifiée à tort avec le *Gomphia dependens* de A.-P. de Candolle (2). Comparée aux échantillons originaux de A. du Petit-Thouars et à ceux que M. Humblot a récoltés (n° 52) à Foulepointe en 1882, et qui appartiennent bien à la même espèce, elle s'en montre, en effet, très distincte. Tige, pétiole et ligule sont noirs et non jaune clair; le limbe foliaire est foncé, à bord entier, à réseau de nervures invisible en haut, où il est terne; visible en bas, où il est luisant, et non clair, à bord denté, à réseau de nervures visible sur les deux faces, qui sont également luisantes; il est aussi beaucoup plus petit et surtout plus étroit, ne mesurant que $2^{cm},5$

(1) *Loc. cit.*, p. 308, 1902.
(2) Baillon, *loc. cit.*, p. 587.

à 3cm de large sur 20cm de long, et la ligule est moitié plus courte, ne mesurant que 7mm de long. Enfin, le long épi grêle y est constamment recourbé en crosse à son extrémité, et non droit. Ce sera donc le C. circiné (*C. circinale* v. T.).

Boivin a trouvé à Nossi Burrah (île Sainte-Marie), en 1851, un arbuste de 3 à 4 mètres, que Baillon a identifié à tort avec le *Gomphia lævigata* de Vahl. La tige, qui est épaisse, noirâtre et cannelée, porte des feuilles rapprochées, brièvement pétiolées, à limbe progressivement atténué à la base, arrondi à l'extrémité où il est muni de petites dents espacées, à réseau de nervures bien visible sur les deux faces, mesurant 12cm de long sur 3cm,5 de large. Les fleurs y sont disposées en longues grappes d'ombellules à l'aisselle des écailles basilaires de la pousse feuillée et le style y est tortillé. C'est donc bien un Cercanthème, que je nommerai C. de Boivin (*C. Boivini* v. T.). La tige y forme son périderme dans l'exoderme, et non dans l'épiderme comme chez le C. amplexicaule et le C. auriculé.

Ces trois espèces nouvelles portent à dix le nombre de celles qui représentent à Madagascar le genre Cercanthème, et à onze le nombre total.

27. Genre **Cercinie**.

Les Cercinies (*Cercinia* v. T.) se distinguent, comme on sait (1), par ce que leur inflorescence, au lieu d'être terminale, comme dans les Campylospermes et les Campylocerques, ou basilaire, comme dans les Cercanthèmes, est axillaire des feuilles portées par le flanc de la pousse. On n'en connaissait jusqu'ici que deux espèces, originaires de l'Indo-Chine. On va voir que ce genre est aussi représenté dans l'Inde.

Wight a récolté d'abord dans l'Inde (n° 396), puis à Ceylan, en 1836, une plante distribuée sous le nom de *Gomphia angustifolia* Vahl, mais qui diffère beaucoup de cette espèce par ses feuilles et par son inflorescence. Les feuilles sont plus petites, mesurant 7 à 8cm de long sur 2cm de large, à dents aiguës, à surfaces concolores, mais un peu luisantes en haut et ternes en bas, à réseau de nervures faiblement marqué, surtout en bas. Les fleurs sont disposées en grappes d'ombellules, à l'aisselle des feuilles de la tige, et le pédoncule commun, plus long que la feuille, est aplati dans sa région inférieure dénudée. C'est donc bien une Cercinie, et ce sera la C. de Wight (*C. Wighti* v. T.).

(1) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 194 et p. 309, 1902.

Doumer a récolté dans l'Inde, en 1821, une plante que j'ai trouvée innommée dans l'Herbier du Muséum, provenant de l'Herbier Brongniart. Elle ressemble à la précédente par la disposition de ses grappes d'ombellules à l'aisselle des feuilles de la pousse. C'est donc aussi une Cercinie. Elle en diffère beaucoup par ses feuilles plus grandes, mesurant 13cm de long sur 4cm de large, coriaces, luisantes sur les deux faces, à réseau de nervures saillant des deux côtés, et par ses groupes floraux plus courts que les feuilles. Ce sera la C. de Doumer (*C. Doumeri* v. T.).

Dans ces deux espèces, la structure de la tige et de la feuille est sensiblement la même. Dans la tige, le cristarque est bien développé, séparé de l'épiderme par un seul rang dans la C. de Wight, par deux rangs dans la C. de Doumer. Le périderme est exodermique, à phelloderme mince et parenchymateux. Dans la feuille, l'épiderme est lignifié, avec çà et là une cellule gélifiée ; les méristèles sont cloisonnantes, à bande de cristarque en haut seulement.

L'adjonction de ces deux espèces porte à quatre le nombre des Cercinies actuellement connues et, du même coup, étend considérablement vers l'ouest l'aire géographique du genre.

29. Genre **Diphyllopode**.

Défini comme on sait (1), le genre Diphyllopode (*Diphyllopodium* v. T.) ne renferme toujours que deux espèces de l'Afrique occidentale, savoir le D. de Klaine, du Gabon, qui est le type, et le D. de Zenker, du Cameroun, que j'y ai rattaché. Nommée comme *Ouratea* par M. Engler, mais non encore décrite lors de la publication de mon Mémoire, cette seconde espèce vient d'être publiée par M. Gilg ; son nom devra donc être écrit désormais D. de Zenker (*D. Zenkeri* [Engler et Gilg] v. T.). Pas plus que moi, malheureusement, M. Gilg n'en a observé le fruit. Il subsiste donc au sujet de la conformation de l'embryon une importante lacune dans la connaissance de cette remarquable espèce.

30. Genre **Diphyllanthe**.

Après avoir tout d'abord admis l'identité de l'*Ouratea corymbosa* Engler et de l'*O. Duparquetiana* Baillon, j'ai été amené plus tard, à

(1) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 313, 1902.
(2) Gilg, *loc. cit.*, p. 258, 1903.

la suite d'une comparaison plus attentive, à reconnaître ces deux formes comme espèces distinctes, représentant ensemble le genre Diphyllanthe (*Diphyllanthus* v. T.) dans son état actuel (1). Dans son récent travail, M. Gilg en est resté à ma première opinion et regarde le premier nom comme un simple synonyme du second (2). Je dois me borner ici à cette remarque.

31. Genre **Spongopyrène**.

Dans le genre Spongopyrène (*Spongopyrena* v. T.), au S. allongé (*S. elongata* [Oliver] v. T.), qui en est le type, j'ai rattaché, comme espèces distinctes, le S. bleuâtre, le S. réniforme et le S. de Staudt (3). Dans son récent travail, M. Gilg rapporte directement à la première espèce les échantillons qui, pour moi, représentent la seconde et la troisième ; quant à ceux de la quatrième, il les regarde comme n'étant qu'une simple variété de la première (4).

32. Genre **Rhabdophylle**.

Défini comme on sait, et correspondant exactement à la section *Calophyllæ* du genre *Ouratea* de M. Engler, le genre Rhabdophylle (*Rhabdophyllum* v. T.) comptait dans mon Mémoire vingt et une espèces distinctes, dont cinq déjà décrites et seize nouvelles (5). Dans son récent travail, M. Gilg en énumère seulement douze, dont quatre anciennes et huit nouvelles (6). Il n'y en a que quatre anciennes, parce que le R. discolore (*R. discolor* [Wright] v. T.) a été omis. Des huit nouvelles, il faut tout d'abord retrancher l'*O. febrifuga* Engler et Gilg, qui est une Bisétaire, comme il a été dit plus haut (p. 14). Les sept autres sont les *O. subumbellata*, *stenorrhachis*, *Buchholzii*, *leptoneura*, *acutissima*, *myrioneura et pauciflora*.

La première et la dernière ont été antérieurement décrites par moi. L'*O. subumbellata* de M. Gilg est représenté, en effet, par les échantillons nos 4602 et 4602 *b*, récoltés en Angola par Welwitsch. Or, ces échantillons, rapportés à tort par M. Hiern au R. affine, en

(1) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 317, 1902.
(2) Gilg, *loc. cit.*, p. 258, 1903.
(3) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 318, 1902.
(4) Gilg, *loc. cit.*, p. 258, 1903.
(5) *Loc. cit.*, p. 320 et p. 324.
(6) *Loc. cit.*, p. 248 et suiv.

ont été distingués par moi et regardés comme deux espèces différentes, que j'ai nommées : l'une (nº 4602), R. de Welwitsch (*R. Welwitschi* v. T.), l'autre (nº 4602 *b*), R. à ombelle (*R. umbellatum* v. T.) (1). Elles devront donc conserver leurs noms.

L'*O. pauciflora* de M. Gilg est fondé sur l'échantillon nº 367, récolté au Cameroun par M. Staudt. Or, ce même échantillon a déjà été reconnu par moi comme espèce nouvelle et décrit précisément sous le nom de R. pauciflore (*R. pauciflorum* v. T.) (2).

Les échantillons qui représentent les cinq autres espèces de M. Gilg me sont jusqu'à présent demeurés inconnus. Je les tiens donc, au moins provisoirement, comme distinctes des miennes et réellement nouvelles. Ce seront désormais respectivement le R. sténorachide (*R. stenorachis* [Gilg] v. T.), le R. de Buchholz (*R. Buchholzii* [Gilg] v. T.), le R. leptoneure (*R. leptoneurum* [Gilg] v. T.), le R. très aigu (*R. acutissimum* [Gilg] v. T.) et le R. myrioneure (*R. myrioneurum* [Gilg] v. T.). Ils portent à vingt-six le nombre des Rhabdophylles actuellement connus. L'accroissement prévu de ce genre (3) n'a pas tardé, comme on voit, à se réaliser.

L'échantillon nº 274, récolté par M. Staudt au Cameroun, rapporté d'abord par M. Engler au R. affine, comme variété *acuminata*, puis considéré par moi comme une espèce voisine, mais distincte, sous le nom de R. de Staudt (*R. Staudti* v. T.) (4), est maintenant identifié purement et simplement par M. Gilg avec le R. affine (5), dont il me paraît cependant différer nettement.

Quant au R. d'Arnold (*R. Arnoldianum* [De Wild. et Dur.] v. T.) que MM. De Wildeman et Durand, après l'avoir décrit comme *Ouratea*, ont identifié plus tard avec le R. affine, et dont j'ai rétabli l'autonomie (6), M. Gilg l'admet aussi comme espèce bien caractérisée (7).

33. Genre **Monélasme**.

Caractérisé, comme on sait, à la fois par la conformation si singulière de l'embryon et par l'inflorescence en panicule terminale, le genre Monélasme comprenait jusqu'ici cinquante-cinq espèces, dont

(1) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 322 et p. 323, 1902.
(2) *Loc. cit.*, p. 324
(3) *Loc. cit.*, p. 324.
(4) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 322.
(5) Gilg, *loc. cit.*, p. 257.
(6) *Loc. cit.*, p. 321.
(7) *Loc. cit.*, p. 257.

neuf antérieurement décrites comme *Gomphia* ou comme *Ouratea* par divers auteurs et quarante-six nouvellement distinguées dans mon Mémoire (1).

A la seconde catégorie, je n'ai à faire pour le moment aucune addition, mais la première doit être augmentée ici de quatre unités.

D'abord, c'est par mégarde que les trois espèces récoltées, en 1896, au Congo belge par Dewèvre et décrites en 1901 par MM. De Wildeman et Durand sous les noms de *Ouratea Dewevrei*, *O. pellucida* et *O. densiflora* (2) ont été incorporées dans mon Mémoire au genre Exomicre (*Exomicrum* v. T.) (3). L'inflorescence y étant une panicule terminale, c'est au genre Monélasme qu'il faut les rattacher et ce seront désormais respectivement le M. de Dewèvre (*M. Dewevrei* [De Wild. et Dur.] v. T.), le M. pellucide (*M. pellucidum* [De Wild. et Dur.] v. T.) et le M. densiflore (*M. densiflorum* [De Wild. et Dur.] v. T.).

Ensuite, c'est par oubli que la plante découverte au cap Palmas par Schœnlein et décrite en 1856 par Klotzsch sous le nom de *Gomphia Schœnleiniana* (4) n'a pas été mentionnée dans mon Mémoire. Regardée par Oliver, en 1868, comme une simple variété du *G. reticulata* Pal. de Beauv. (5), elle s'en montre, notamment par ses feuilles à base cordée et amplexicaule, une espèce bien distincte. Ce sera donc le M. de Schœnlein (*M. Schœnleinianum* [Klotzsch] v. T.).

Enfin, c'est peut-être ici le lieu de remarquer que c'est par une faute d'inattention que Planchon a inscrit parmi les *Gomphia*, en l'intercalant entre le *G. Turneræ* J. Hooker et le *G. Vogelii* J. Hooker, qui sont devenus des Monélasmes, un *G. multiflora* A.-P. de Candolle, originaire de Madagascar, qui n'a jamais existé (6). C'est cette faute qui l'a conduit à modifier plus loin en *G. Pohlii* le *G. multiflora* de Pohl, qui doit conserver son nom (7).

Dans le travail récent de M. Gilg, toutes les espèces d'*Ouratea* de la section *Reticulatæ* de M. Engler où l'inflorescence est une panicule terminale paraissent, sous la réserve générale qui sera faite plus loin, devoir être incorporées au genre Monélasme. Elles sont au

(1) *Loc. cit.*, p. 326 et suiv.
(2) De Wildeman et Durand, *Reliquiæ Dewevreanæ*, p. 37 et p. 38, 1901.
(3) *Loc. cit.*, p. 339.
(4) Klotzsch, *Ph. Schœnlein's bot. Nachlass* (Abhandl. der Berliner Akad., 1856, p. 238, pl. IV).
(5) Oliver, *Flora of trop. Africa*, I, p. 321, 1868.
(6) Planchon, *London Journal of Botany*, VI, p. 2, 1847.
(7) *Loc. cit.*, p. 5.

nombre de vingt-quatre, dont sept décrites par divers auteurs antérieurement à mon Mémoire et dix-sept nouvelles. Parmi les premières, figure à juste titre, sous le nom d'*Ouratea*, le M. de Schœnlein, dont M. Gilg, qui a pu étudier l'échantillon original, admet aussi l'autonomie (1).

Parmi les espèces nouvelles, il en est deux, regardées par M. Engler comme de simples variétés du *G. reticulata* P. de Beauvois, que j'ai déjà érigées en espèces distinctes sous les noms de M. de Pogge (*M. Poggei* [Engler comme var.] v. T.) et de M. angustifolié (*M. angustifolium* [Engler comme var.] v. T.) (2). M. Gilg les admet aujourd'hui comme telles et les décrit, comme *Ouratea*, sous les mêmes noms spécifiques (3).

Il en est trois autres, savoir l'*O. bracteata* (Zenker, n° 1762), l'*O. calantha* (Zenker, n° 1845) et l'*O. macrobotrys* (Zenker et Staudt, n° 207^a et n° 768), que j'ai déjà distinguées et sommairement décrites respectivement sous les noms de M. côtelé (*M. costatum* v. T.), M. de Zenker (*M. Zenkeri* v. T.) et M. sillonné (*M. sulcatum* v. T.) (4), noms qu'il faudra leur conserver, ceux de M. Gilg devant passer aux synonymes.

Une autre encore (Zenker, n° 1792; Staudt, n° 260), nommée par M. Engler *O. umbricola*, mais non décrite jusqu'alors, l'a été par moi d'abord (5), en attendant la description plus complète que vient d'en donner M. Gilg (6) ; c'est le M. ombricole (*M. umbricola* [Engler] v. T.).

Quant aux onze autres espèces, les échantillons sur lesquels elles sont établies me sont encore inconnus ; je les admets donc ici, au moins provisoirement, comme distinctes des miennes. Ce seront désormais les M. de Dinklage (*M. Dinklagei* [Gilg] v. T.), M. épineux-denté (*M. spinuloso-serratum* [Gilg] v. T.), M. brun-pourpre (*M. brunneo-purpureum* [Gilg] v. T.), M. de Sibange (*M. sibangense* [Gilg] v. T.), M. d'Afzelius (*M. Afzelii* [Gilg] v. T.), M. unilatéral (*M. unilateralis* [Gilg] v. T.), M. de Schlechter (*M. Schlechteri* [Gilg] v. T.), M. à courte-grappe (*M. brachybotrys* [Gilg] v. T.), M. de Büchner (*M. Büchneri* [Gilg] v. T.), M. de Bukoba (*M. bukobense* [Gilg] v. T.), M. monticole (*M. monticola* [Gilg] v. T.).

Joint à l'introduction des quatre espèces antérieurement décrites,

(1) *Loc. cit.*, p. 264.
(2) *Loc. cit.*, p. 328.
(3) *Loc. cit.*, p. 269 et p. 272.
(4) *Loc. cit.*, p. 333 et p. 334.
(5) *Loc. cit.*, p. 333.
(6) *Loc. cit.*, p. 259.

l'apport de ces onze espèces réellement nouvelles porte à soixante-dix le nombre de celles qui composent actuellement le genre Monélasme. L'accroissement prévu (1) n'a donc pas tardé à se produire.

Par contre, il faut remarquer que plusieurs des espèces distinguées par moi ont été par M. Gilg confondues de nouveau avec d'autres. C'est ainsi que mon M. interrompu (*M. interruptum* v. T.; Barker, n° 1217) et mon M. de Heudelot (*M. Heudeloti* v. T.; Heudelot, n° 745) sont identifiés par lui avec le M. réticulé (2). C'est ainsi que mon M. macrophylle (*M. macrophyllum* v. T.; Zenker, n° 1848) se confond pour lui avec le M. ombricole (3). C'est ainsi encore que mon M. d'Andongo (*M. andongense* [Hiern comme var.] v. T.; Welwitsch, n° 4604) est identifié par lui au M. de Pogge (4).

Chez bon nombre des espèces classées ici dans le genre Monélasme, on ignore encore la conformation de l'embryon, caractère qui est ici de la plus haute importance, comme on sait, mais sur lequel ni M. Engler, ni M. Gilg n'ont fixé jusqu'ici leur attention et qui ne figure dans aucune de leurs descriptions spécifiques. Il se peut donc que, chez certaines d'entre elles, l'embryon soit reconnu plus tard isocotylé et accombant, comme il l'est, par exemple, dans le Campylosperme de Dybovski, qui croît dans la même région. Celles-là devront alors être retirées de ce genre pour être soit reportées purement et simplement dans le genre Campylosperme, soit groupées autour du C. de Dybovski dans un genre nouveau propre à l'Afrique occidentale, conformément à la remarque déjà faite plus haut p. (28). C'est l'inverse qui s'est produit, comme on sait, pour le M. laxiflore (*M. laxiflorum* [De Wild. et Dur.] v. T.), que j'avais classé d'abord dans le genre Campylosperme, à côté du C. de Dybovski, avant d'avoir reconnu que l'embryon y est hétérocotylé et incombant. Cette double réserve en ce qui concerne la limite des deux genres Campylosperme et Monélasme, qui ont tous deux pour inflorescence une panicule terminale, a déjà été faite dans mon Mémoire (5).

34. Genre **Exomicre**.

Tel qu'il a été défini, c'est-à-dire partageant avec les Monélasmes la singulière structure de l'embryon, mais en différant par l'inflo-

(1) *Loc. cit.*, p. 335.
(2) *Loc. cit.*, p. 267.
(3) *Loc. cit.*, p. 260.
(4) *Loc. cit.*, p. 272 et p. 273.
(5) *Loc. cit.*, p. 337.

rescence, le genre Exomicre (*Exomicrum* v. T.) comprenait dans mon Mémoire dix-huit espèces, dont huit déjà décrites comme *Gomphia* ou comme *Ouratea* par divers auteurs, et dix nouvellement distinguées (1). A ces dernières je n'ai rien à ajouter, quant à présent; mais des premières il convient de retrancher les trois espèces de MM. De Wildeman et Durand tout d'abord indûment rangées ici et qui ont été reportées plus haut dans le genre Monélasme (p. 35). Seul l'*O. coriacea* de ces mêmes auteurs paraît devoir être maintenu dans le genre actuel. Le nombre des espèces se trouve ainsi réduit à quinze.

Par contre, tous les *Ouratea* de la section *Reticulatæ* de M. Engler où l'inflorescence terminale est un simple épi d'ombellules, en forme de queue plus ou moins longue, qui sont énumérés par M. Gilg dans son récent travail, semblent devoir être incorporés à ce genre. Ils sont au nombre de onze, dont quatre antérieurement décrits et sept nouveaux.

Parmi les premiers, figure l'*O. coriacea* De Wildeman et Durand, auquel M. Gilg identifie maintenant la plante de Schweinfurth (n° 3169) que M. Engler rapportait à l'*O. reticulata* comme variété *Schweinfurthii* et dont j'ai fait, dans le genre Monélasme, une espèce distincte, le M. de Schweinfurth (*M. Schweinfurthii* [Engler comme var.] v. T.) (2).

Parmi les derniers, il en est un, l'*O. Oliveriana*, originaire du Cameroun, représenté notamment par l'échantillon de Zenker n° 1077 *a*, qui a été déjà décrit dans mon Mémoire sous le nom de E. creusé (*E. excavatum* v. T.)(3), nom qui devra lui être conservé, celui de M. Gilg passant aux synonymes. Pour les six autres, les échantillons correspondants m'étant jusqu'ici demeurés inconnus, je les admets comme autant d'espèces différentes des miennes et réellement nouvelles. Ce seront désormais les E. de Dusen (*E. Dusenii* [Engler et Gilg] v. T.), E. de Conrau (*E. Conrauanum* [Engler et Gilg] v. T.), l'E. de Cabra (*E. Cabræ* [Gilg] v. T.), l'E. de Scheffler (*E. Schefferi* [Engler et Gilg] v. T.)., l'E. à faux-épi (*E. pseudospicatum* [Gilg] v. T.) et l'E. sculpté (*E. insculptum* [Gilg] v. T.).

L'apport de ces six espèces nouvelles relève à vingt-et-une le nombre de celles qui composent actuellement le genre Exomicre.

Résumé de la sous-tribu des Campylospermées. — Les additions qui précèdent n'ont pas augmenté le nombre des genres

(1) *Loc. cit.*, p. 338 et p. 341, 1902.
(2) *Loc. cit.*, p. 328.
(3) *Loc. cit.*, p. 340.

constitutifs de la sous-tribu des Campylospermées, qui reste fixé à douze, comme il a été dit dans mon Mémoire (1). Mais elles ont introduit, dans huit de ces genres, cinquante-sept espèces nouvelles, savoir : une Bisétaire, vingt-cinq Campylospermes, trois Campylocerques, trois Cercanthèmes, deux Cercinies, cinq Rhabdophylles, quinze Monélasmes et trois Exomicres. Cette abondante incorporation élève aujourd'hui à cent quatre-vingt-dix-sept le nombre des espèces de cette sous-tribu, toutes localisées comme on sait, dans l'Ancien Monde.

Résumé de la tribu des Ouratéées. — Formée des deux sous-tribus des Orthospermées et des Campylospermées, augmentées chacune, comme il a été dit, la première de sept, la seconde de cinquante-sept espèces nouvelles, la tribu des Ouratéées demeure composée de trente-quatre genres, mais ces genres renferment maintenant quatre cent une espèces.

2. TRIBU DES OCHNÉES.

3. SOUS-TRIBU DES RECTISÉMINÉES.

35. Genre **Ochnelle**.

Défini comme on sait, le genre Ochnelle (*Ochnella* v. T.) compte actuellement douze espèces, sous les réserves faites pour trois d'entre elles dans mon Mémoire (2). Tout d'abord, il y faut ajouter ici l'espèce décrite par F. Hoffmann sous le nom de *Ochna Schweinfurthiana*, classée à tort par M. Engler en 1895 dans la section *Diporidium* du genre *Ochna* et que j'ai, à cause de cela, rattachée au genre Diporide dans mon Mémoire (3). La déhiscence de l'anthère y étant longitudinale, c'est bien une Ochnelle, l'O. de Schweinfurth (*O. Schweinfurthiana* [F.Hoffmann] v. T.).

Parmi les *Ochna* de la section *Schizanthera* de M. Engler qui sont énumérés par M. Gilg dans son récent travail, il faut rattacher au genre Ochnelle les espèces à stipules entières et caduques, à inflorescence simple et ombelliforme, à pistil isomère, à l'exception toutefois de l'*O. Hœpfneri*, devenu, comme on le verra plus loin, le type du genre Proboscelle. Elles sont au nombre de six, dont deux seule-

(1) *Loc. cit.*, p. 342, 1902.
(2) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 343, 1902.
(3) *Loc. cit.*, p. 356.

ment sont nouvelles. C'est d'abord celle que M. De Wildeman a distinguée sous le nom de *Ochna Debeerstii*, sans en avoir encore publié les caractères, et dont M. Gilg a donné par avance une description (1). Ce sera désormais l'Ochnelle de Debeerst (*O. Debeerstii* [De Wildeman] v. T.). C'est ensuite celle que MM. Engler et Gilg ont nommée *Ochna densicoma* (2), et qui sera l'Ochnelle densicome (*O. densicoma* [Engler et Gilg] v. T.).

Cette addition porte à quinze le nombre des Ochnelles actuellement connues.

36. Genre **Polyochnelle.**

Tel qu'il a été caractérisé (3), le genre Polyochnelle (*Polyochnella* v. T.) renfermait jusqu'à présent neuf espèces.

Il y faut rattacher, parmi les *Ochna* de la section *Schizanthera* récemment énumérés par M. Gilg, ceux qui, avec des stipules entières et caduques, avec une inflorescence simple et ombelliforme, ont le pistil polymère. Il y en a dix, dont quatre antérieurement décrits et six nouveaux. Parmi ces derniers, l'*O. congoensis*, nommé par M. Gilg, mais non encore décrit à ce moment, a été déjà caractérisé dans mon Mémoire et incorporé au genre Polyochnelle (4). Les cinq autres, publiés ici pour la première fois comme *Ochna*, seront les P. micranthe (*P. micrantha* [Schweinfurth et Gilg] v. T.), P. fruticuleuse (*P. fruticulosa* [Gilg] v. T.), P. de Gillet (*P. Gilletiana* [Gilg] v. T.), P. polyneure (*P. polyneura* [Gilg] v. T.), et P. hylophile (*P. hylophila* [Gilg] v. T.).

Ces cinq espèces nouvelles portent à quatorze le nombre des Polyochnelles connues aujourd'hui.

36 *bis*. Genre **Biramelle.**

M. Buchanan a récolté en 1891 en Afrique orientale, au Nyassaland, une Ochnacée méristémone (n° 749) que M. Gilg a rapportée tout récemment (5) à l'*Ochna Holstii*, espèce décrite par M. Engler en 1895 et classée par lui dans sa section *Diporidium* (6), ce qui faisait

(1) Gilg, *loc. cit.*, p. 237, 1903.
(2) *Loc. cit.*, p. 241.
(3) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 347, 1902.
(4) *Loc. cit.*, p. 349.
(5) Gilg, *Ochnaceæ africanæ* (Bot. Jahrb. für System., XXXIII, p. 242, mars 1903).
(6) Engler, *Die Pflanzenwelt Ostafrikas* (Theil C, p. 273, 1895).

croire que la déhiscence de l'anthère y est poricide. Aussi avais-je cru devoir, avant de la connaître par moi-même, l'incorporer avec doute au genre Diporide (*Diporidium* Wendland) restauré (1). L'étude de l'échantillon précité m'y ayant montré toute une série de caractères incompatibles avec les Diporides, j'étais loin de croire qu'il pût représenter l'*O. Holstii* et j'en avais fait, dans mes notes, une espèce nouvelle et bien distincte. Puisqu'il en est décidément ainsi, d'après l'autorité de M. Gilg, qui a pu la comparer aux exemplaires originaux, notamment à ceux de M. Holst (n° 2601), c'est donc à l'*O. Holstii* que s'appliquent ces caractères et les conséquences qu'il convient d'en tirer au point de vue de la Classification.

Par son fruit droit, renfermant une graine droite, à embryon droit, accombant et oléo-amylacé, par la déhiscence longitudinale de l'anthère, et par la polymérie du pistil, c'est aux Polyochnelles (*Polyochnella* v. T.) que cette plante ressemble le plus. Mais elle en diffère nettement par l'inflorescence, qui, au lieu d'être simple, est composée et consiste en une grappe raccourcie dont les branches, surtout les inférieures, se ramifient à leur tour en courts grapillons. Cette grappe composée contractée termine un rameau d'un an ayant porté plusieurs feuilles tombées, ou même une branche ayant produit des feuilles plusieurs années de suite. Par là, cette espèce doit être considérée comme le type d'un genre distinct, que je nommerai, d'après ce caractère, Biramelle (*Biramella* v. T.), et ce sera la Biramelle de Holst (*Biramella Holstii* [Engler] v. T.).

Ainsi défini, ce genre est aux Polyochnelles, parmi les Rectiséminées à déhiscence d'anthère longitudinale et à embryon accombant, exactement ce que le genre Disclade (*Discladium* v. T.) est aux Polythèces (*Polythecium* v. T.), parmi les Rectiséminées à déhiscence d'anthère poricide et à embryon incombant.

A la description quelque peu incomplète donnée par M. Engler, il convient donc d'ajouter que, dans la B. de Holst, la grappe est composée, que l'anthère s'ouvre en long et est beaucoup plus courte que le filet, n'ayant que 1^{mm} de long, tandis que le filet a 4^{mm}, que le pistil compte sept ou huit carpelles, avec un style terminé par un petit renflement obscurément lobé, et que, dans le fruit, la graine a un embryon à cotyles latérales, où des cellules à contenu rouge sont mélangées aux cellules amylacées.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique également à l'*O. acutifolia*, de la même région, décrit par M. Engler, en 1901 (2) et rattaché

(1) Ph. van Tieghem, *Sur les Ochnacées* (Ann. des Sc. nat., 8e série, Bot., XVI, p. 356, 1902).

(2) Engler, *Bot. Jahrbücher für Syst.*, XXVIII, p. 433, 1901.

aussi provisoirement dans mon Mémoire au genre Diporide (1), puisque M. Gilg regarde maintenant cette espèce comme identique à l'*O. Holstii* (2).

Ainsi caractérisée, la B. de Holst est un bel et grand arbre, qui paraît très répandu dans les régions montagneuses de l'Afrique orientale. C'est, pour le moment, le seul représentant de ce genre.

37. Genre **Disclade**.

Le genre Disclade (*Discladium* v. T.) comprend, comme on sait, les Rectiséminées qui ont l'inflorescence composée, les anthères poricides et le pistil polymère ; il renferme jusqu'ici dix espèces (3). Sous le rapport de la corolle, elles se répartissent en deux groupes distincts et très inégaux. Dans l'un, qui compte huit espèces, la corolle est isomère avec le calice, c'est-à-dire pentamère et les pétales y sont rétrécis à la base, onguiculés ; en un mot, elle est conformée comme partout ailleurs dans la famille. Dans l'autre, qui n'en compte que deux, la corolle est formée de sept à dix pétales, issus d'un dédoublement partiel ou total, ce qui la rend hétéromère, c'est-à-dire polymère, comme le sont déjà l'androcée et le pistil; de plus, les pétales y sont ovales, non rétrécis à la base, sans onglet; en un mot, elle offre une conformation exceptionnelle, sans autre exemple dans la famille.

A ces deux caractères différentiels, déjà par eux-mêmes très frappants, s'il venait s'en ajouter un troisième, tiré d'un tout autre organe, on serait forcément conduit à séparer génériquement ces deux groupes d'espèces. Or, c'est précisément ce qui a lieu, si l'on examine la structure du fruit mûr.

Chacune des drupes constitutives du fruit dans les espèces à corolle pentamère a dans sa graine un embryon droit orienté de telle manière que ses deux cotyles oléo-amylacées sont situées latéralement, de part et d'autre de l'unique plan de symétrie du tégument séminal et du carpelle; en un mot, il est accombant au raphé, comme il a été dit dans mon récent Mémoire en particulier pour le D. du Mozambique (*D. mossambicense* [Klotzsch] v. T.) (4). Dans la drupe des espèces à corolle polymère, notamment du D. luisant

(1) *Loc. cit.*, p. 356, 1902.
(2) *Loc. cit.*, p. 241, 1903.
(3) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 350, 1902.
(4) *Loc. cit.*, p. 353.

(*D. lucidum* [Lamarck] v. T.), il en est tout autrement. L'embryon y est bien encore oléo-amylacé, comme dans le premier groupe, mais il est disposé dans la graine de telle sorte que ses deux cotyles sont antéro-postérieures, coupées en deux par l'unique plan de symétrie du tégument séminal et du carpelle; en un mot, il est incombant au raphé.

En s'ajoutant aux deux précédentes, cette nouvelle différence non seulement conduit à dédoubler le genre Disclade, mais encore exige ce dédoublement. Les espèces à corolle pentamère, à pétales onguiculés et à embryon accombant continueront à former le genre Disclade restreint. Pour les espèces à corolle polymère, à pétales sans onglet et à embryon incombant, on établira un genre nouveau, que l'on nommera Pléopétale (*Pleopetalum* v. T.) (1) et qui sera étudié plus loin.

Ainsi délimité, le genre Disclade ne comprendrait donc plus que huit espèces, s'il n'y avait pas lieu d'en ajouter ici trois nouvelles, originaires de l'Inde, que j'ai trouvées, confondues avec d'autres, dans l'Herbier du Muséum.

La plante récoltée dans l'Inde, au territoire de Canara, par Dalzell et Stockes, distribuée par Hooker et Thomson, en 1859, sous le nom d'*Ochna squarrosa* Linné, a sur sa tige grisâtre des feuilles caduques, qui se développent seulement après la floraison. Elles sont brièvement pétiolées, à ligule bifide, jaune, longue de 7 à 8^{mm}, à limbe ovale lancéolé, muni de petites dents ciliformes, à nervure médiane rouge, à réseau de nervures saillant sur les deux faces, mesurant 8^{cm} à 11^{cm} de long, sur $2^{cm},5$ à $3^{cm},5$ de large.

Située à l'aisselle des feuilles tombées de l'année précédente et terminant un ramuscule sans feuilles ou n'ayant porté qu'une ou deux feuilles, l'inflorescence est une courte grappe ombelliforme, dont les branches inférieures seules sont ramifiées près de leur base et portent chacune deux ou trois pédicelles; elle n'est donc que faiblement composée. Articulés à 2^{mm} environ de la base, les pédicelles sont très longs, mesurant 3 et jusqu'à 4^{cm}, et légèrement renflés sous le calice. La fleur est grande, le bouton ovale ayant 15^{mm} de long sur 7^{mm} de large. Les cinq sépales, qui sont brun clair, mesurent 18^{mm} de long sur 5 à 6^{mm} de large et sont plus tard dressés autour du fruit. Les cinq pétales, aussi longs que les sépales, sont étroits à la base, larges au sommet, cunéiformes. Les nombreuses étamines ont leurs filets assez longs, mesurant 3 à 4^{mm}, les anthères ayant 6 à 8^{mm}. Le pistil, faiblement polymère, ne comprend que

(1) De πλέον, plus, et πέταλον, pétale.

six, rarement sept carpelles et, en conséquence, le style y est très grêle, renflé au sommet en tête lobée.

La tige a son cristarque externe très développé, séparé de l'épiderme par une seule assise, complété et doublé çà et là en dedans par des cellules scléreuses. Le périderme s'y fait dans l'épiderme, avec liège à parois tangentielles épaissies et lignifiées et phelloderme réduit à une seule assise à parois minces. Dans la feuille, le pétiole a aussi un cristarque externe très développé, séparé de l'épiderme par une seule assise. Le limbe a son épiderme fortement gélifié, et les méristèles y ont une bande de cristarque en haut et en bas.

Par tous ces caractères, cette plante se montre une espèce bien distincte, que je nommerai Disclade de Dalzell (*Discladium Dalzelli* v. T.).

La plante récoltée dans l'Inde par Wight, qui porte dans son herbier le n° 471, a été distribuée aussi sous le nom de *Ochna squarrosa* Linné. Elle se distingue aussitôt par la petitesse de ses feuilles, de ses inflorescences et de ses fleurs; je la nommerai D. microphylle (*D. microphyllum* v. T.). La feuille a un pétiole assez long mesurant 2 à 3^{mm}, une ligule bidentée de même longueur et un limbe membraneux, ovale, atténué à la base et au sommet où il se termine en pointe, muni de petites dents ciliformes appliquées vers le haut, à réseau de nervures saillant sur les deux faces, et mesurant 5^{cm} de long sur $2^{cm},5$ de large.

L'inflorescence est une courte grappe composée ombelliforme terminant, à l'aisselle d'une feuille tombée, un ramuscule sans feuilles ou n'ayant porté qu'une ou deux feuilles. Les pédicelles, articulés à 2^{mm} environ de la base, sont grêles et courts, ne dépassant pas 10^{mm}. La fleur est petite, le bouton mesurant 5^{mm} et le calice, dressé autour du fruit, ne dépassant pas 8 à 9^{mm}.

La tige a son cristarque bien développé, situé à deux rangs de l'épiderme. Le périderme y naît dans l'épiderme avec liège scléreux et phelloderme sclérifiant en U son assise interne. L'écorce renferme des cellules scléreuses, isolées ou groupées en nodules, bouchant çà et là les trous du cristarque ; on en rencontre aussi dans le liber secondaire. Dans la feuille, le pétiole a un cristarque très rudimentaire; le limbe a son épiderme gélifié et les méristèles ont une bande de cristarque en haut seulement.

J'ai trouvé dans l'Herbier de Vahl, communiqué par le Musée de Copenhague, un échantillon innomé, récolté dans l'Inde par Kœnig en 1768, qui est un Disclade à corolle pentamère et à calice dressé autour du fruit, ressemblant au précédent par la dimension de l'inflorescence et des fleurs, mais en différant nettement par des

feuilles beaucoup plus grandes, mesurant 10 à 11^{cm} de long, sur 3^{cm},5 de large. Il s'en distingue encore parce que, dans la feuille, l'épiderme n'est gélifié que çà et là, dans certaines cellules isolées, et que les méristèles ont une bande de cristarque en haut et en bas. Ce sera le D. de Kœnig (*D. Kœnigi* v. T). La grappe composée ombelliforme, tantôt est axillaire des feuilles tombées, tantôt termine un rameau assez long, ayant porté un assez grand nombre de feuilles.

Ces trois espèces nouvelles portent à onze le nombre de celles qui représentent le genre Disclade, dans sa nouvelle et restreinte acception. Il y en a une en Indo-Chine, cinq dans l'Inde, une aux Comores, trois à Madagascar et une à la côte orientale d'Afrique. Cette dernière, anciennement décrite, qui est le D. du Mozambique (*D. mossambicense* [Klotzsch] v. T.), continue d'être le seul représentant du genre sur le continent africain. Dans sa récente énumération, M. Gilg la classe comme *Ochna* dans la section *Diporidium* de M. Engler.

37 *bis*. Genre **Pléopétale**.

Ressemblant aux Disclades par l'inflorescence en grappe composée, les anthères poricides et le pistil polymère, les Pléopétales (*Pleopetalum* v. T.) en diffèrent, comme il a été dit plus haut (p. 43), à la fois par l'incombance de l'embryon et par la polymérie de la corolle. Ce dernier caractère, qui s'ajoute à la polymérie de l'androcée et du pistil, pour ne laisser isomère que le calice, assure à ce genre une place à part non seulement dans la sous-tribu des Rectiséminées, où il inaugure la série des genres à embryon incombant, mais encore dans la famille tout entière des Ochnacées, en même temps qu'il lui donne un grand intérêt au point de vue de la Science générale.

Ainsi défini, il a pour types d'abord la plante de l'Inde, décrite par Lamarck en 1796, sous le nom de *Ochna lucida* et figurée par lui en 1823 (1), puis celle de la même région que A.-P. de Candolle a décrite et figurée en 1811 sous le nom de *Gomphia obtusata* (2). Ce seront respectivement le Pléopétale luisant (*Pleopetalum lucidum* [Lamarck] v. T.) et le P. obtus (*P. obtusatum* [A.-P. de Candolle] v. T.). Ensemble, ces deux espèces, pourtant bien distinctes,

(1) Lamarck, *Dictionnaire*, IV, p. 510, 1796, et pl. CDLXXII, fig. 1, 1823.
(2) A.-P. de Candolle, *Monographie des Ochnacées* (Ann. du Muséum, XVII, p. 411, pl. I, 1811).

ont été identifiées par M. Bennett en 1872 avec l'*Ochna squarrosa* de Linné et nommées *Gomphia squarrosa* (1). Mais, comme je l'ai fait observer déjà dans mon Mémoire, ce nom linnéen doit être abandonné (2).

En décrivant et figurant la première, d'après un échantillon récolté dans l'Inde par Sonnerat, où les fleurs avaient toutes perdu leur corolle, échantillon que j'ai pu examiner dans son Herbier, Lamarck non seulement n'en a pas, naturellement, aperçu la conformation si particulière, mais encore en a nié l'existence : « Les fleurs n'ont point de corolle », dit-il. Mais, dès 1811, A.-P. de Candolle n'a pas manqué de rectifier cette erreur et de signaler ce caractère à la fois dans cette espèce et dans la seconde qu'il y a ajoutée, sans y attacher pourtant toute l'importance qu'il mérite.

A ces deux espèces, l'étude des échantillons de l'Herbier du Muséum m'a conduit à en ajouter deux autres.

Leschenault a récolté en 1820 au sud de la Péninsule de l'Inde (n° 66) des échantillons identiques à ceux de Sonnerat, qui sont, comme on sait, les types du D. luisant. En outre, il a rapporté de Ceylan une espèce voisine de la précédente par la forme de l'inflorescence, la dimension des fleurs et la conformation de la corolle, qui comprend sept à neuf pétales, ainsi que par l'incombance de l'embryon : c'est donc aussi un Pléopétale. Elle s'en distingue nettement d'abord par l'écorce des rameaux feuillés, qui est noirâtre, piquetée de points blancs, et non blanchâtre, ensuite et surtout par la forme, la dimension et la nervation des feuilles. Dans le P. luisant, le limbe est atténué à la base, arrondi, puis brusquement terminé en pointe au sommet, forme caractéristique déjà assez exactement figurée par Lamarck (3) ; les nervures latérales, saillantes surtout en haut, y sont toutes semblables et très rapprochées ; il mesure 6^{cm} à 8^{cm} de long sur $4^{cm},5$ de large. Ici, le limbe, plus coriace, est atténué progressivement vers le sommet comme vers la base, lancéolé, par conséquent ; les nervures latérales, moins saillantes en haut, y sont de deux sortes, les plus grosses assez distantes ; il mesure 12^{cm} à 13^{cm} de long sur 4 à $4^{cm},5$ de large. C'est donc bien une espèce distincte, que je nommerai P. de Leschenault (*P. Leschenaulti* v. T.).

La tige a son cristarque bien développé, séparé de l'épiderme par deux assises. Le périderme y est épidermique, à phelloderme

(1) Hooker, *Flora of brit. India*, I, p. 523, 1872.
(2) *Loc. cit.*, p. 350.
(3) Lamarck, pl. CDLXXII, fig. 1, 1823.

parenchymateux. Dans la feuille, le limbe a son épiderme gélifié; l'écorce y est fortement palissadique en haut et les méristèles y ont une bande de cristarque en haut et en bas, plus développée en haut.

Au cours du voyage de la *Bonite*, Gaudichaud a rapporté de Calcutta, en 1837, une plante (n° 210) donnée par Wallich et nommée par lui *Ochna squarrosa* Linné. Par la forme de l'inflorescence, la grandeur et la conformation des fleurs où la corolle compte dix pétales, ainsi que par l'incombance de l'embryon, elle ressemble au P. luisant, mais elle en diffère, et aussi du P. de Leschenault, par le feuillage. La feuille est membraneuse, rougeâtre, terne en haut, luisante en bas, atténuée à la base et au sommet où elle se termine en pointe, à bord gondolé et finement denté, à nervures latérales toutes semblables, rapprochées et saillantes surtout en haut; elle mesure 12 à 14^{cm} de long sur 5 à 6^{cm} de large. Ce sera le P. de Gaudichaud (*P. Gaudichaudi* v. T.).

La tige, dont la surface est noirâtre, a un cristarque bien développé, séparé de l'épiderme par deux assises. Le périderme s'y forme dans l'épiderme. Dans la feuille, le pétiole a aussi un cristarque bien constitué; le limbe a un épiderme gélifié seulement çà et là dans des cellules isolées; l'écorce est faiblement palissadique et les méristèles ont une bande de cristarque en haut seulement.

L'adjonction de ces deux espèces nouvelles porte à quatre le nombre des Pléopétales actuellement connus, qui sont tous localisés dans l'Inde.

37 *ter*. Genre **Proboscelle**.

Au cours de son voyage au sud-ouest de l'Afrique, du Cunéné au Zambèze, M. Baum a récolté, en septembre et octobre 1899, dans la province méridionale de l'Angola, dite de Mossamédès, une Ochnacée polyandre nouvelle à feuilles caduques, que MM. Engler et Gilg ont rapportée au genre Ochne (*Ochna*), sous le nom de *Ochna Hœpfneri*, sans en avoir encore, que je sache, publié la description.

Tout d'abord, je n'ai pu examiner de cette plante qu'un échantillon en fruits (n° 220). Ils y sont disposés en ombelle simple à l'aisselle des feuilles tombées de l'année précédente. Entouré par un large calice rouge et par les nombreux filets persistants des étamines, chacun d'eux comprend, lorsqu'il est complet, cinq drupes ovoïdes, droites, insérées à la base même ou un peu latéralement, sur un gynophore aplati. Chaque drupe contient une petite graine droite à

tégument rouge, n'occupant que la partie inférieure du noyau, dont le reste demeure vide. L'embryon, également droit, est muni de deux cotyles égales, plan-convexes, appliquées tout du long, situées en avant et en arrière; en un mot, il est isocotylé et incombant; il est aussi exclusivement oléagineux. D'après ces caractères, la plante a dû être retirée du genre Ochne, tel que je l'ai limité dans le Mémoire récemment publié, et qui est, comme on sait, le type de la sous-tribu des Curviséminées, pour être reportée dans la sous-tribu des Rectiséminées. Là, en attendant de pouvoir y étudier dans la fleur la conformation des étamines, j'ai cru devoir provisoirement la rattacher au genre Diporide (*Diporidium*), dans la section des Ombellés (*Umbellata*) (1).

Depuis lors, ayant pu examiner aussi un échantillon en fleurs (n° 172), j'y ai observé dans les étamines une conformation tellement singulière, qu'elle exclut la plante non seulement du genre Diporide, mais de tous les autres genres qui composent actuellement avec lui la sous-tribu des Rectiséminées, et qu'elle oblige à la regarder comme le type d'un genre nouveau dans cette sous-tribu.

Chacune des étamines, insérées en assez grand nombre autour de la base du pistil, se compose d'un filet très court et d'une petite anthère ovale, mesurant 1 à 2 millimètres de long, munie de quatre sacs polliniques étroits et s'ouvrant en dedans, de chaque côté, par deux fentes longitudinales très rapprochées, simulant une fente unique; les deux paires de fentes confluent finalement au sommet en forme de fer à cheval. Dans la fleur épanouie, l'anthère porte sur sa face dorsale, un peu au-dessous du sommet, un mince prolongement cylindrique vertical, trois fois aussi long qu'elle, dans lequel se continue sa méristèle et dont l'extrémité se dilate en un plateau divisé en deux lobes latéraux. Sur ce plateau bilobé, l'épiderme est formé de cellules allongées perpendiculairement à la surface, prismatiques, qui sécrètent un liquide mucilagineux. On dirait donc d'un stigmate bilobé et l'étamine tout entière, ainsi conformée, ressemble à s'y méprendre à un carpelle avec son ovaire, son style et son stigmate. Et, de fait, tous ces faux stigmates, disposés autour du vrai stigmate à cinq lobes peu marqués qui termine le style et situés sensiblement à la même hauteur que lui, offrent le même aspect que lui et, comme lui, tranchent en vert foncé sur la couleur jaune des cylindres qui les portent. En somme, l'anthère est située ici très près de la base de l'étamine et non pas à son extrémité,

(1) Ph. van Tieghem, *Sur les Ochnacées* (Ann. des Sc. nat., 8e série, Bot., XVI, p. 357, 1902).

comme partout ailleurs dans cette famille; elle est basilaire et non terminale. On pourrait dire aussi que le filet de l'étamine est situé ici au-dessus de l'anthère et non au-dessous.

Jointe à la petite quantité des grains de pollen produits dans ses sacs étroits et courts, cette situation basilaire de l'anthère, qui la maintient éloignée du stigmate, est évidemment défavorable à la pollinisation. Pour comprendre comment cet inconvénient est racheté par le jeu même du prolongement qui la surmonte, il suffit d'étudier un bouton aux diverses phases de son épanouissement.

Dans le bouton encore clos, mais prêt à s'ouvrir, le prolongement filiforme est recourbé et étroitement appliqué sur l'anthère, à son extrémité et le long de sa face interne jusqu'à sa base même. A l'épanouissement, l'anthère ouvre d'abord ses deux fentes et les grains de pollen s'en échappent. Appliqués contre elles à la base et glissant sur elles en remontant, les deux lobes latéraux du prolongement balaient les grains de pollen, qui y sont retenus adhérents sur leur surface visqueuse. Puis, le filament se sépare de l'anthère progressivement et se recourbe vers le haut, d'abord dans sa partie terminale inférieure, puis en remontant sur une longueur de plus en plus grande, à la manière d'une trompe d'éléphant, jusqu'à se trouver à la fin entièrement redressé dans la direction verticale qu'il affecte dans la fleur épanouie. Pendant ce déroulement, il s'accroît notablement; à peine plus long que l'anthère au début, il acquiert à la fin trois fois sa longueur. C'est même cette croissance, parce qu'elle prédomine sur la face interne ou ventrale du filament, qui en provoque le redressement progressif.

Enlevés à l'anthère inférieure par le frottement du plateau bilobé, les grains de pollen se trouvent de la sorte progressivement portés au niveau du stigmate, sur lesquels, s'il n'y a pas application directe, ce dont il faudrait pouvoir s'assurer sur le vif, ils peuvent du moins être transportés tout aussi facilement que lorsque l'anthère, étant terminale, s'ouvre à ce même niveau. Il se pourrait même que, s'y trouvant dans des conditions favorables, les grains de pollen commençassent à germer au sommet même du filament staminal.

Une telle conformation de l'étamine, munie d'une trompe terminale, à la fois préhensive et élévatrice, qui puise le pollen dans l'anthère sous-jacente pour le porter au stigmate ou tout au moins l'élever jusqu'à son niveau, est un fait jusqu'ici sans exemple, et qui paraît de nature à intéresser la Science générale. Par là, cette plante, qui nous l'offre pour la première fois, mérite bien de devenir le type

d'un genre distinct, que je nommerai Proboscelle (*Proboscella*) (1), et ce sera la Proboscelle de Hœpfner (*Proboscella Hœpfneri* [Engler et Gilg ms.] v. T.).

Pendant le développement du pistil en fruit, les très courts filets des étamines s'allongent sous les anthères d'abord persistantes; puis les anthères se détachent avec leur trompe, comme d'ordinaire dans cette famille, et les filets continuent à croître jusqu'à atteindre dans le fruit mûr environ 4^{mm} de long, c'est-à-dire au moins huit fois leur longueur primitive.

Laissant, comme il convient, à ses deux auteurs le soin d'en donner une description complète, je me bornerai à faire remarquer ici que cette espèce n'est pas le seul représentant de ce genre.

Le P. Antunès a récolté, en effet, dans la même province, à Huilla, en 1895, une plante (sans numéro) que M. Engler a identifiée avec la précédente dans l'Herbier de Coïmbre. L'ayant étudiée à mon tour, j'y ai aperçu plusieurs différences bien marquées, qui en font certainement une espèce distincte. Les feuilles sont de même forme, mais un peu plus petites, ne mesurant que $4^{cm},5$ à 5^{cm} de long sur 10^{mm} à 12^{mm} de large, au lieu de 6 à 8^{cm} de long sur 15^{mm} de large ; la nervure médiane y est concolore et non rouge; les petites dents du bord sont plus nombreuses et plus rapprochées; mais surtout le limbe est arrondi et émarginé au sommet, et non terminé en une pointe mucronée. Le calice fructifère aussi a ses sépales plus petits, ne mesurant que 8^{mm} de long sur 6^{mm} de large, au lieu de 15^{mm} de long sur 8^{mm} de large, et les drupes sont aussi un peu moins grandes. Ce sera la Proboscelle émarginée (*Proboscella emarginata* v. T.).

C'est à ces deux espèces, croissant dans la région méridionale de l'Angola, que se réduit pour le moment ce remarquable genre. Puisque, chez toutes les deux, la graine n'occupe dans le fruit mûr qu'une partie du noyau, le reste demeurant vide et pouvant servir de flotteur, ce caractère doit être joint à la conformation des étamines dans la définition générique.

Ainsi caractérisé et composé, le genre Proboscelle prendra rang dans la sous-tribu des Rectiséminées, parmi les genres à embryon incombant et à inflorescence simple, dont il se distinguera d'abord par la déhiscence longitudinale de l'anthère, puis et surtout par l'extrême brièveté du filet et par la trompe qui en compense le désavantage.

Ce chapitre de mon travail en a été détaché pour être publié séparément, avec figures à l'appui, dans un autre Recueil, dès le mois de

(1) De προβοσκις, trompe.

janvier 1903 (1). C'est seulement le 8 février que j'ai reçu, grâce à l'obligeance de M. Gilg et par anticipation, un exemplaire du tirage à part de son travail, paru un peu plus tard, le 13 mars. Sans donner encore la description de l'*Ochna Hœpfneri* Engler et Gilg, qui demeure pour le moment inédit, M. Gilg classe tout simplement cette espèce dans la section *Schizanthera* de M. Engler, entre l'*O. leptoclada* Oliver et l'*O. Debeerstii* De Wildeman, qui sont, comme on l'a vu plus haut, des Ochnelles, se bornant à la caractériser par des anthères munies d'une corne au sommet : « Antheræ apice manifeste cornutæ » (2). Ce qu'il y a de plus remarquable dans la conformation de l'androcée de cette plante paraît donc lui avoir échappé.

38. Genre **Diporide.**

Tel qu'il a été défini, c'est-à-dire comprenant les Rectiséminées à embryon isocotylé incombant, à inflorescence simple, à corolle isomère, à androcée biporicide et à pistil isomère, le genre Diporide (*Diporidium* Wendland) comptait dans mon Mémoire trente-huit espèces, réparties dans les trois sections des Racémeux (*Racemosa*), des Ombellés (*Umbellata*) et des Uniflores (*Uniflora*) (3).

Il faut tout d'abord ici en retrancher cinq, qui n'avaient été que provisoirement classés dans ce genre. Ce sont : l'*O. Schweinfurthiana* F. Hoffmann, devenu une Ochnelle, comme on l'a vu (p. 39); l'*O. Holstii* Engler et son identique, l'*O. acutifolia* Engler, devenus le type du genre nouveau Biramelle, comme il a été dit (p. 40); l'*O. Hœpfneri* (Engler et Gilg ms.), devenu le type du genre nouveau Proboscelle, comme on vient de l'expliquer (p. 47); enfin, l'*O. purpureo-costata* Engler, reconnu maintenant par M. Gilg comme identique au Disclade du Mozambique (4).

M. Engler a figuré en 1874 (5) le diagramme floral de l'*Ochna leucophlœos* Hochstetter avec un pistil formé de dix carpelles, et cette figure a été reproduite vingt ans plus tard, en 1895, par M. Gilg (6). S'il en était réellement ainsi, cette espèce devrait être retirée du genre Diporide et classée plus loin dans le genre Polythèce. Mais il y a eu certainement erreur, soit dans le dessin du diagramme, soit

(1) Ph. van Tieghem, *Proboscelle, genre nouveau d'Ochnacées* (Journal de Botanique, XVII, p. 1, janvier 1903).
(2) Gilg, *loc. cit.*, p. 233.
(3) *Loc. cit.*, p. 353.
(4) *Loc. cit.*, p. 244.
(5) Engler, *Nova Acta*, XXXVII, 2, pl. XII, fig. 2, 1874.
(6) Gilg, dans Engler, *Nat. Pflanzenfam.*, III, 6, p. 135, fig. 170, A, 1895.

dans la détermination de la plante figurée, car l'*O. leucophlæos* a son pistil formé normalement de cinq carpelles, rarement de six, avec un style terminé par autant de longues branches réfléchies vers le bas et renflées en stigmate au sommet. Cette espèce est donc bien un Diporide.

Il faut ajouter ici deux espèces, déjà écrites comme *Ochna* par Planchon et omises dans mon Mémoire, savoir : l'*O. brevipes*, de l'Inde, dans la section des Ombellés, et l'*O. Walkerii*, de Ceylan, dans celle des Uniflores (1). Ce seront respectivement le D. brévipède (*D. brevipes* [Planchon] v. T.) et le D. de Walker (*D. Walkerii* [Planchon] v. T.).

Parmi les espèces d'*Ochna* énumérées dans la section *Diporidium* de M. Engler par M. Gilg dans son récent travail, il faut rattacher à ce genre celles où l'inflorescence est simple, en forme d'ombelle pauciflore ou uniflore, et où le pistil est isomère. Il y en a quinze, dont onze antérieurement décrites par divers auteurs et citées dans mon Mémoire, et cinq nouvelles. L'une de celles-ci, décrite sous le nom d'*O. monantha* Gilg (2), et représentée par l'échantillon de Gœtze (n° 476), a été déjà distinguée par moi d'avec l'*O. atropurpurea*, auquel M. Engler l'avait identifiée à tort. Je l'ai nommée *D. Gœtzei*, nom qui devra lui être conservé (3). Il en reste quatre, dont je n'ai pas encore pu étudier les échantillons, que je regarde donc comme réellement nouvelles, et qui seront désormais le D. de Holtz (*D. Holtzii* [Gilg] v. T.), le D. du Rovuma (*D. rovumense* [Gilg] v. T.), le D. de Staudt (*D. Staudtii* [Engler et Gilg] v. T.), et le D. rouge (*D. cinnabarinum* [Engler et Gilg] v. T.). La première seule appartient à la section des Ombellés, les trois autres à la section des Uniflores. Encore y a-t-il un doute pour la seconde et pour la troisième, où la description n'indique pas le nombre des carpelles du pistil, doute plus fondé encore pour la quatrième, dont la description n'est pas publiée jusqu'à présent.

Quant à l'*O. Rivæ*, récolté par M. Riva au Somaliland en 1893 (n° 1 618) et décrit par M. Engler en 1897 (4), espèce à fleurs solitaires qui a été omise dans mon Mémoire, puisque M. Gilg l'identifie aujourd'hui avec l'*O. inermis* (Forskål) Schweinfurth (5), c'est-à-dire pour moi avec le Diporide inerme (*D. inerme* [Forskål] v. T.), son introduction ne change rien au nombre des espèces.

(1) Planchon, *loc. cit.*, p. 653, 1846.
(2) *Loc. cit.*, p. 247.
(3) *Loc. cit.*, p. 359.
(4) Engler, dans *Ann. del Istituto botanico di Roma*, VII, p. 21, 1897.
(5) Gilg, *loc. cit.*, p. 247.

En tenant compte des cinq soustractions et des six additions ici mentionnées, le genre Diporide se montre maintenant composé de trente-neuf espèces. Parmi les six espèces introduites, il en est une, le D. de Staudt, qui croît au Cameroun; c'est, jusqu'ici, le seul représentant du genre en Afrique occidentale. Son incorporation, si toutefois elle est bien fondée, offre donc un grand intérêt au point de vue de la Géographie botanique, puisqu'elle étend beaucoup vers l'ouest l'aire du genre.

40. Genre **Polythèce**.

Les Polythèces (*Polythecium* v. T.) diffèrent, comme on sait, des Diporides, surtout par la polymérie du pistil; ils sont donc aux Diporides ce que les Polyochnelles sont aux Ochnelles (1). Ainsi défini, ce genre comprenait dans mon Mémoire quarante et une espèces.

Il faut d'abord en retrancher une, puisque l'*O. Fischeri* de M. Engler, que j'avais cru pouvoir, d'après la description, rapporter à ce genre, est regardé maintenant par M. Gilg comme identique au Disclade du Mozambique (2).

Il faut aussi probablement en supprimer une seconde. C'est la plante que M. Engler a rapportée à l'*O. ciliata* Lamarck, de Madagascar, comme simple variété *Hildebrandtii*, que j'ai reconnue en être spécifiquement très distincte, et que j'ai nommée P. de Hildebrandt (*P. Hildebrandtii* [Engler comme var.] v. T.) (3). Dans son récent travail, M. Gilg l'identifie, en effet, purement et simplement avec l'*O. Kirkii* Oliver (4).

Par contre, je ferai remarquer ici que la plante récoltée dans l'Inde par Wight, et distribuée sous le n° 392, est une espèce du genre Polythèce non encore reconnue comme telle.

La tige, épaisse et blanchâtre, porte des feuilles caduques qui n'atteignent leur plein développement que dans l'échantillon en fruits, et portent à leur aisselle autant de gros bourgeons écailleux noirâtres. Elles sont alors coriaces, foncées en haut, rougeâtres en bas, nettement bicolores, à court pétiole noir, à limbe ovale atténué à la base, arrondi au sommet, où il est parfois émarginé, à bord entier, à réseau de nervures très saillant en haut, beaucoup moins en bas. Le pétiole mesure 4 à 5^{mm}, le limbe 11 à 12^{cm} de long sur $4^{cm},5$ de large.

(1) *Loc. cit.*, p. 366.
(2) *Loc. cit.*, p. 244.
(3) *Loc. cit.*, p. 372.
(4) *Loc. cit.*, p. 245.

Les fleurs sont disposées tout le long de la tige à l'aisselle des feuilles tombées, en ombelles simples et pauciflores, n'ayant au-dessous d'elles que des écailles distiques. Le pédicelle, assez épais, mesure 1 à 2^{cm} et est articulé très près de la base. Le bouton est gros, ovale, mesurant 10^{mm} sur 6^{mm}. L'anthère est plus longue que le filet ; elle mesure 5^{mm} et le filet 2^{mm}. L'ovaire compte dix carpelles autour de la base du style, qui mesure 15^{mm}, et se termine par un renflement stigmatique obscurément lobé. Le calice persistant est dressé autour du fruit, et ses sépales mesurent 10^{mm} de long sur 6^{mm} de large.

La tige a son cristarque bien développé, presque continu, séparé de l'épiderme par une seule assise. Le périderme y est épidermique, avec liège scléreux et phelloderme sclérifiant en U son assise la plus interne. Le liber secondaire renferme un grand nombre de cellules scléreuses, dont il y a aussi quelques-unes dans l'écorce.

Dans la feuille, le pétiole a son cristarque séparé de l'épiderme par deux rangs en bas, par quatre à cinq rangs en haut. Le limbe a son épiderme gélifié ; les méristèles y sont cloisonnantes, rapprochées, à bande de cristarque en haut et en bas.

Par tous ces caractères, notamment par la polymérie du pistil, cette plante se rattache certainement au genre Polythèce et y constitue une espèce bien distincte. Ce sera le P. discolore (*P. discolor* v. T.). Elle porte à douze le nombre des Polythèces actuellement connus dans l'Inde.

Parmi elles figure, comme on sait, le P. brillant (*P. nitidum*) (1). En décrivant et figurant cette espèce, en 1811, comme *Ochna nitida*, A.-P. de Candolle a attribué ce nom à Thunberg (*Prodromus*, p. 67, 1794), et dans mon Mémoire j'ai cru pouvoir admettre cette opinion sans la vérifier. Depuis, j'ai reconnu l'inexactitude de cette citation. Ce nom ne figure pas dans le *Prodromus* de Thunberg. L'espèce doit donc être nommée désormais *P. nitidum* [A.-P. de Candolle] v. T.

D'autre part, il faut rattacher à ce genre plusieurs espèces énumérées par M. Gilg, dans son récent travail, comme *Ochna* de la section *Diporidium* de M. Engler, qui ont l'inflorescence simple et le pistil polymère. Elles sont au nombre de quatre, dont deux antérieurement décrites et deux nouvelles.

La première est le P. beau (*P. pulchrum* [W. Hooker] v. T.) de l'Afrique australe, mentionnée dans mon Mémoire, qui donne lieu à une remarque intéressante.

A en juger par la description que W. Hooker en a donnée en

(1) *Loc. cit.*, p. 368.

1843 (1), cette espèce offrirait dans son périanthe un caractère bien singulier. Dépourvue de calice, elle aurait seulement une corolle, formée de six pétales disposés sur deux rangs. Mais Planchon, qui a étudié l'échantillon original dans l'Herbier de Hooker, a fait remarquer peu de temps après, en 1846, que les pétales y sont tombés et que, par conséquent, le périanthe persistant est en réalité un calice, non une corolle (2). Cette plante n'offre donc, sous ce rapport, rien d'anormal, comme M. Oliver l'a reconnu plus tard, en 1868 (3), et comme j'ai pu m'en assurer, de mon côté, sur un échantillon récolté par Zeyher en 1847 (n° 302). Aussi n'est-ce pas sans étonnement que j'ai vu M. Gilg, dans son récent travail, ne tenir aucun compte de l'observation de Planchon et attribuer encore aujourd'hui à cette espèce, conformément à l'ancienne et fautive description de W. Hooker, un périanthe simple, formé de deux verticilles ternaires : « Flores tepalis 6 (3 sepaloideis, 3 petaloideis) instructi (4) ».

La seconde espèce décrite est l'*O. Rehmannii* Szyszylowicz, récoltée par Rehmann, au Transvaal (5), omise dans mon Mémoire et remarquable notamment par ses étamines, dont les anthères poricides sont munies d'une corne glanduleuse au sommet. Le pistil y étant formé de sept carpelles, avec un style à sept branches libres, ce paraît bien être un Polythèce, le P. de Rehmann (*P. Rehmannii* [Szyszylowicz] v. T.), à moins que ce ne soit le type d'un genre nouveau, comme on l'a vu plus haut pour l'*O. Holstii*. Le fruit n'en est pas encore connu.

Quant aux deux espèces nouvelles, les échantillons correspondants m'étant encore inconnus, je dois les tenir pour distinctes des miennes. Ce seront désormais le P. de Thomas (*P. Thomasianum* [Gilg] v. T.) et le P. citrin (*P. citrinum* [Gilg] v. T.), originaires tous deux de la côte de Zanzibar.

A la suite de ces deux suppressions et de ces quatre additions, le genre Polythèce se trouve compter maintenant quarante-trois espèces, mais son aire géographique n'en est pas modifiée, puisqu'il n'a jusqu'ici aucun représentant en Afrique occidentale.

Résumé de la sous-tribu des Rectiséminées. — En résumé, la sous-tribu des Rectiséminées se trouve maintenant accrue des trois genres nouveaux Biramelle, Pléopétale et Proboscelle, dont

(1) Hooker, *Icones plantarum*, VI, pl. DLXXXVIII, 1843.
(2) Planchon, *London Journal of Botany*, V, p. 655, 1846.
(3) Oliver, *Flora of trop. Africa*, I, p. 317, 1868.
(4) Gilg, *loc. cit.*, p. 234, 1903.
(5) Szyszylowicz, *Polypetalæ discifloræ Rehmannianæ*, Cracovie, 1888.

l'introduction porte à dix le nombre des genres constitutifs de ce groupe et lui donne la composition exprimée par le tableau suivant :

Rectiséminées. Graine droite	Embryon isocotylé, accombant. Déhiscence d'anthère	longitudinale. Inflorescence	simple. Pistil	isomère...	*Ochnelle.*
				polymère..	*Polyochnelle.*
			composée. Pistil polymère.		*Biramelle.*
		poricide. Inflorescence composée. Pistil polymère................			*Disclade.*
	Embryon isocotylé, incombant. Corolle	polymère. Anthère poricide. Pistil polymère.....................			*Pléopétale.*
		isomère. Déhiscence d'anthère	longitudinale, avec trompe.		*Proboscelle.*
			poricide	bipore. Pistil isomère...	*Diporide.*
				bipore. Pistil polymère .	*Polythèce.*
				unipore. Pistil isomère..	*Monoporide.*
	Embryon hétérocotylé, incombant........................				*Hétéroporide.*

Outre les sept espèces afférentes aux trois genres nouveaux, le travail actuel apporte des espèces nouvelles à cinq des genres anciens, savoir trois Ochnelles, cinq Polyochnelles, trois Disclades, six Diporides et quatre Polythèces. En même temps il supprime ou déplace quelques espèces dans trois des genres anciens, savoir deux Disclades, cinq Diporides et deux Polythèces. Au total, il y a apport de dix-sept espèces nouvelles, et le nombre des espèces constitutives de cette tribu, qui était de cent douze dans mon Mémoire (1), se trouve de la sorte porté maintenant à cent vingt-neuf.

4. SOUS-TRIBU DES CURVISÉMINÉES.

42. Genre **Ochne**.

Tel qu'il a été restreint dans mon Mémoire, le genre Ochne (*Ochna* Linné) a pour type l'O. multiflore de A.-P. de Candolle et renferme, en outre, sept formes voisines, où l'inflorescence est aussi une grappe simple terminale, que j'en ai distinguées spécifiquement (2). Toutes sont localisées en Afrique occidentale.

Dans son récent travail, M. Gilg n'admet pas, pour celles de ces formes qu'il a pu étudier, la distinction spécifique que j'y ai reconnue. Pour lui, comme autrefois pour Baillon, il n'y aurait là qu'une seule et même espèce, que, sans tenir aucun compte de la conformation pourtant si remarquable du fruit, de la graine et de l'embryon, en paraissant même l'ignorer, il range tout simplement dans la section *Schizanthera* de M. Engler (3).

(1) *Loc. cit.*, p. 379.
(2) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 380 et p. 385, 1902.
(3) Gilg, *loc. cit.*, p. 233 et p. 239.

43. Genre **Porochne.**

Différant des Ochnes, comme on sait, par les anthères poricides, le genre Porochne (*Porochna* v. T.) comptait dans mon Mémoire six espèces, dont quatre nommées par MM. Engler et Gilg, mais non encore décrites (1).

De ces quatre espèces, deux seulement, la P. d'Antunès (*P. Antunesii* [Engler et Gilg] v. T.), et la P. brunissante (*P. brunnescens* [Engler et Gilg] v. T.) figurent dans le travail récent de M. Gilg, classées comme *Ochna* dans la section *Diporidium* de M. Engler, sans être encore décrites (2). Les deux autres, savoir la P. de Huilla (*P. huillensis* [Engler ms.] v. T.) et la P. davilliflore (*P. davilliflora* [Gilg ms.] v. T.), n'y sont même pas mentionnées. Par contre, M. Gilg a inscrit dans sa liste, à côté des deux premières, deux espèces déjà décrites, paraît-il, l'une par M. Schinz, l'autre par M. Büttner, mais que je ne connais pas encore. Si c'est bien ici leur place, ce seront désormais la P. d'Ascherson (*P. Aschersoniana* [Schinz] v. T.) et la P. du Quango (*P. quangensis* [Büttner] v. T.).

L'addition de ces deux espèces porte à huit le nombre des Porochnes actuellement connues.

44. Genre **Diporochne.**

Défini comme on sait, le genre Diporochne (*Diporochna* v. T.) renfermait, dans mon récent Mémoire, toutes les Curviséminées à anthère poricide où l'inflorescence est composée, parce que chez toutes celles que j'avais pu étudier j'avais constamment trouvé le pistil isomère (3). Si l'on vient maintenant à constater qu'il existe d'autres Curviséminées à anthère poricide et à inflorescence composée où le pistil a constamment plus de cinq carpelles, où il est constamment polymère, on est conduit à dédoubler ce genre. Conservant le nom de Diporochne aux espèces à pistil isomère, on groupera désormais dans un genre nouveau, sous le nom de Pléodiporochne (*Pleodiporochna* v. T.), celles où le pistil est décidément reconnu polymère.

(1) *Loc. cit.*, p. 386.
(2) *Loc. cit.*, p. 235.
(3) *Loc. cit.*, p. 389, 1902.

Ainsi restreint, le genre Diporochne continue à comprendre les dix espèces qu'il renfermait dans mon Mémoire.

Dans son récent travail, M. Gilg énumère, parmi les *Ochna* de la section *Diporidium* de M. Engler, deux espèces à inflorescence composée, l'*O. Gilgiana* Engler et l'*O. padiflora* Gilg. La première, bien que non encore publiée par son auteur, a été étudiée dans mon Mémoire, où je l'ai classée dans le genre Diporochne, après m'être assuré que le pistil y est pentamère. Elle est maintenant décrite par M. Gilg (1). C'est la D. de Gilg (*D. Gilgiana* [Engler] v. T.).

La seconde, représentée par l'échantillon de Welwitsch (n° 4596), a été déjà distinguée par moi d'avec la Diporochne membraneuse à laquelle Welwitsch d'abord, puis M. Hiern l'avaient identifiée à tort, et reconnue comme une espèce distincte, que j'ai nommée D. de Hiern (*D. Hierni* v. T.). C'est bien aussi une Diporochne, car le pistil y est pentamère (2). Elle devra conserver ce nom spécifique, celui de M. Gilg passant aux synonymes.

44 *bis*. Genre **Pléodiporochne**.

Comprenant, comme il vient d'être dit, les Curviséminées à anthère poricide et à inflorescence composée qui ont le pistil polymère, le genre Pléodiporochne est au genre Diporochne, parmi les Curviséminées, exactement ce que les Polyochnelles sont aux Ochnelles, ou encore ce que les Polythèces sont aux Diporides, parmi les Rectiséminées.

Il ne renferme pour le moment qu'une seule espèce, récoltée au Congo par M. Büttner (n° 33) en 1885, identifiée à tort par MM. Durand et Schinz, en 1896, avec la Diporochne membraneuse (3) et décrite par M. Gilg dans son récent travail comme *Ochna* de la section *Diporidium*, sous le nom de *O. Büttneri* Engler et Gilg (4). J'en ai pu étudier un échantillon en fruits, rapporté de Kimuenza par M. Gillet (n° 1661).

L'inflorescence y est composée, en forme de panicule, et le pistil y compte huit carpelles, dont un seul est développé en une drupe réniforme. C'est donc bien une Pléodiporochne et ce sera désormais la P. de Büttner (*P. Büttneri* [Engler et Gilg] v. T.).

Résumé de la sous-tribu des Curviséminées. — En résumé,

(1) *Loc. cit.*, p. 243.
(2) *Loc. cit.*, p. 390.
(3) Durand et Schinz, *Études sur la flore de l'État indépendant du Congo*, p. 87, 1896.
(4) *Loc. cit.*, p. 242.

la tribu des Curviséminées se trouve maintenant composée de quatre genres, dont les caractères sont résumés dans le tableau suivant :

CURVISÉMINÉES. Graine réniforme. Embryon hétérocotylé incombant.	Déhiscence d'anthère	longitudinale..............		Ochne.
		poricide. Grappe	simple............	Porochne.
			composée. Pistil isomère ..	Diporochne.
			composée. Pistil polymère ..	Pléodiporochne.

En même temps, elle s'est augmentée de trois espèces, deux Porochnes et une Pléodiporochne, ce qui porte à vingt-sept le nombre de celles qui la constituent. Elle demeure néanmoins exclusivement localisée en Afrique occidentale.

5. SOUS-TRIBU DES PLICOSÉMINÉES.

46. Genre **Pleuroridgée.**

Tel qu'il a été défini, le genre Pleuroridgée (*Pleuroridgea* v. T.) comprenait jusqu'à présent quatre espèces, toutes de l'Afrique orientale (1).

Le travail récent de M. Gilg conduit tout d'abord à en supprimer une. L'auteur, qui, en admettant maintenant le genre Brackenridgée d'Asa Gray, lui conserve sa large acception primitive, y regarde, en effet, la P. à dents blanches (*P. alboserrata* [Engler] v. T.), comme identique à la P. de Zanzibar (*P. zanguebarica* [Oliver] v. T.) (2).

Par contre, il y distingue une espèce nouvelle, de la même région, qui sera désormais la P. de Busse (*P. Bussei* [Gilg] v. T.).

Cette compensation conserve donc au genre Pleuroridgée quatre espèces, comme auparavant.

47. Genre **Campylochnelle.**

Caractérisé comme on sait (3), le genre Campylochnelle (*Campylochnella* v. T.) ne comprenait dans mon Mémoire que trois espèces.

Il faut y rattacher maintenant, parmi les espèces énumérées dans le travail de M. Gilg comme *Ochna* de la section *Schizanthera*, celles où les stipules sont persistantes et divisées en segments. Il y en a quatre, dont deux antérieurement décrites et signalées dans mon Mémoire, et deux nouvelles : *O. roseiflora* Engler et Gilg et *O. katan-*

(1) Ph. van Tieghem, *loc. cit.*, p. 399.
(2) Gilg, *loc. cit.*, p. 273.
(3) *Loc. cit.*, p. 400.

gensis De Wildeman (1). De la première, la description n'a pas encore, que je sache, été publiée. De la seconde, elle ne l'a pas été non plus jusqu'à ce moment par son auteur; mais M. Gilg a cru devoir la décrire par anticipation (2). Ce sont désormais respectivement la C. roséiflore (*C. roseiflora* [Engler et Gilg] v. T.) et la C. de Katanga (*C. katangensis* [De Wildeman] v. T.).

Ces deux additions portent à cinq le nombre des Campylochnelles actuellement connues, croissant toutes en Afrique occidentale.

Résumé de la sous-tribu des Plicoséminées. — En résumé, la tribu des Plicoséminées demeure formée des cinq genres qui la constituaient dans mon Mémoire; mais, par suite de l'introduction de trois espèces nouvelles, une Pleuroridgée et deux Campylochnelles, et de la suppression d'une Pleuroridgée, elle se trouve comprendre maintenant vingt espèces, au lieu de dix-huit.

Résumé de la tribu des Ochnées. — Avec ses trois sous-tribus et ses dix-neuf genres, dont quatre nouveaux, la tribu des Ochnées renferme actuellement cent soixante-seize espèces, soit vingt-deux de plus que dans mon Mémoire, addition qui comprend dix-sept Rectiséminées, trois Curviséminées et deux Plicoséminées.

Résumé de la sous-famille des Ochnoïdées. — Ensemble, les deux tribus des Ouratéées et des Ochnées, avec leurs cinq sous-tribus, composent, comme on sait, la sous-famille des Ochnoïdées, qui comprend maintenant cinquante-trois genres avec cinq cent cinqante et une espèces, soit quatre genres et quatre-vingt-six espèces de plus que dans mon récent Mémoire.

Résumé général. — La sous-famille des Elvasioïdées n'étant pas actuellement en cause, on termine ici ce second Mémoire. En ajoutant les quatre genres avec huit espèces qui la constituent aux cinquante-trois genres avec cinq cent cinquante et une espèces qui composent la sous-famille des Ochnoïdées, on obtient, pour la famille des Ochnacées tout entière, telle que mes recherches l'ont désormais circonscrite, un total de cinquante-sept genres avec cinq cent cinquante-neuf espèces.

Sans qu'il soit nécessaire de la reproduire ici, il suffira, dans le tableau général donné à la page 201 de mon Mémoire, d'intercaler dans la sous-tribu des Rectiséminées les trois genres nouveaux : Biramelle, Pléopétale et Proboscelle, et dans la sous-tribu des Curviséminées le genre nouveau Pléodiporochne, comme il a été fait plus haut (p. 56 et p. 59), pour obtenir la liste complète des genres de la famille dans son état actuel.

(1) *Loc. cit.*, p. 232.
(2) *Loc. cit.*, p. 236.

INFLUENCE

DE L'AIR SEC ET DE L'AIR HUMIDE

SUR LA FORME ET SUR LA STRUCTURE DES VÉGÉTAUX

Par M. PH. EBERHARDT

INTRODUCTION

On sait par les expériences d'un certain nombre d'auteurs, que la sécheresse et l'humidité agissent de façon fort différente sur la végétation.

L'influence du climat a donné lieu également à de nombreux travaux.

Tschirch (1), Areschoug (2), Volkens (3) ont démontré que dans les lieux secs il y avait, en ce qui concerne l'épiderme, production d'une cuticule plus épaisse en même temps que diminution du nombre des stomates.

Morren (4) a confirmé ces résultats en constatant que l'épiderme des plantes des localités humides présente plus de stomates que celui de celles qui végètent dans les lieux secs.

(1) Tschirch, *Ueber einige Beziehungen des anatomischen Baues der Assimilationsorgane zu Klima und Standort mit specieller Berücksichtigung des Spaltöffnungsapparats* (Linnæa, XLIII, 1881).

(2) Areschoug, *Der Einfluss des Klimas auf die innere Organisation der Pflanzen* (Bot. Jahrb. von Engler, vol. II, 1882).

(3) Volkens, *Beziehungen zwischen Standort und anatomischen Bau der Vegetationsorgane* (Jahrb. d. K. bot. gartens zu Berlin, II, p. 146, 1884).

(4) Morren, *Détermination du nombre des stomates chez quelques végétaux indigènes ou cultivés en Belgique* (Bulletin de l'Académie royale de Belgique 2e série, XVI, n° 12).

Dans leur travail relatif à l'influence de la transpiration sur la structure des végétaux, MM. Vesque et Ch. Viet (1) ont été amenés à constater que dans l'air sec, où la transpiration est plus active que dans l'air normal, l'épaisseur des feuilles s'accroît, et qu'en outre on observe une cuticule plus épaisse, une augmentation de la sinuosité des parois verticales de l'épiderme, une diminution des méats intercellulaires et un développement plus grand de l'appareil pilifère. Mais leurs recherches ont surtout porté sur l'influence des solutions minérales, de l'ombre et de l'humidité du sol.

Nous signalerons encore les mémoires de MM. Lawes et Gilbert, *Influence de la sécheresse de 1870 sur les récoltes*; Sorauer, *Influence de l'abondance ou du manque d'eau* (Bot. Zeitung, 1878); le travail de M. Leroux, *Influence de l'humidité du sol sur la végétation* (Agriculture nouvelle, 1893), et celui de M. Edmond Gain, *Action de l'eau du sol sur la végétation*, publié en 1895 et sur lequel nous aurons l'occasion de revenir.

Il convient de rappeler aussi les idées déjà anciennes de Linné, Gœthe, Wolf, Gübler, Faure, etc. sur l'influence des milieux cosmiques sur les végétaux :

Linné, dans sa critique botanique, s'exprime ainsi : « La sécheresse, le défaut de nourriture, arrêtent l'accroissement des végétaux. »

« L'altitude peut, dit-il aussi, faire naître le nanisme. »

« Les plantes à station haute sont en général fort petites », et il cite l'exemple très net du Chenopodium qui, en effet, atteint 6 ou 8 décimètres de hauteur en France, 4 ou 5 décimètres dans les Cévennes; au mont Blanc et dans les Pyrénées, il ne s'élève plus qu'à 1 ou 2 décimètres seulement.

Dans le travail de Wolf, *Theoria generationis*, un autre exemple est cité :

« Au milieu des pierres, la Carlina est acaule ; dans une

(1) J. Vesque et Ch. Viet, *De l'influence du milieu sur la structure anatomique des végétaux* (Annales agronomiques, VI, p. 235).

bonne terre, on ne la reconnaît plus tant sa tige est haute. »

Gübler et Faure, à propos d'une étude sur les caractères des flores polaires et montagnardes, s'expriment de la façon suivante :

« Le nanisme est dû à l'action du climat. »

Nous voyons par ces exemples quelle importance il faut attacher à l'action des agents physiques du milieu extérieur dans le développement d'une plante.

Ces agents sont très nombreux et ont été le point de départ, dans ces dernières années, d'importantes recherches, parmi lesquelles il faut citer celles de MM. Gaston Bonnier, Costantin, Dufour, Gain, Lothelier, Russel, etc.

M. Bonnier a tout particulièrement étudié, dans plusieurs mémoires, l'influence des milieux impondérables.

Tout d'abord, dans son « Étude expérimentale de l'influence du climat alpin sur la végétation et les fonctions des plantes » (1), il a montré l'influence manifeste du froid sur le rabougrissement des végétaux.

Plus tard, dans son « Étude comparée des flores du Spitzberg et de la région alpine » (2), il a constaté et mis en évidence l'influence, sur les mêmes espèces, de l'humidité de l'air et de l'éclairement.

« L'influence de l'humidité sur les plantes, dit-il, se traduit par une différenciation moindre de tous les tissus. Dans les feuilles, le tissu en palissade diminue ou tend à disparaître, les lacunes sont moins abondantes, la cuticule moins épaisse. »

Et tout récemment encore, dans un mémoire présenté à l'Académie des Sciences (3), il a fait ressortir l'action, sur la structure des végétaux, des saisons de pluie de la région méditerranéenne, séparées par une saison de sécheresse,

(1) *Étude sur la végétation de la vallée de Chamonix* (Revue générale de Botanique, II, p. 513).

(2) *Les plantes arctiques et les plantes alpines* (Revue générale de Botanique, VI, p. 525).

(3) G. Bonnier, *Cultures expérimentales dans la région méditerranéenne. Modifications de la structure anatomique* (C. R. de l'Ac. des Sc., t. CXXXV, 1902).

et entraînant des modifications anatomiques importantes si on les compare aux mêmes plantes cultivées sous le climat de Fontainebleau.

« D'une manière générale, écrit-il, dans la tige, le bois de printemps formé en mars, avril et mai, est bien développé dans la région méditerranéenne et renferme de nombreux vaisseaux, souvent d'un calibre plus grand que ceux qui leur correspondent dans les plants de même espèce cultivés à Fontainebleau. » Il signale, en outre, un plus grand développement du tissu fibreux dans toutes les plantes développées aux environs de Toulon.

Comme on le voit par ce qui précède, tous ces savants se sont occupés des influences du climat, de l'humidité ou de la sécheresse du sol. Or, à elle seule, l'influence du climat comprend à la fois celles du sol, de l'air et de l'éclairement, elle est fonction de plusieurs variables qu'il est nécessaire d'isoler et d'étudier séparément.

Le but de ce travail a été de rechercher quelle était l'influence générale de l'air seul, soit sec, soit humide, par comparaison avec l'air normal.

M. Lothelier, au cours de sa remarquable étude sur les plantes à piquants, a bien déterminé l'influence exercée par l'état hygrométrique, mais il a borné son étude à ces seules plantes; de plus, cet auteur, dans les premières pages de son travail, a écrit la phrase suivante :

« Les résultats obtenus dans l'air normal, étant conformes à ceux qui viennent d'être décrits dans l'air desséché par l'acide sulfurique, dans toutes les expériences qui suivent, l'air sec a été remplacé par l'air normal. »

N'y aurait-il donc aucune différence entre les plantes poussant dans l'air normal ou l'air desséché ? On voit que cette question mérite d'être traitée pour elle-même, et qu'il était nécessaire d'établir des expériences en faisant varier le plus possible l'état hygrométrique de l'air.

(1) Lothelier, *Influence de l'état hygrométrique et de l'éclairement sur les lantes à piquants* (Revue générale de Botanique).

J'ai donc entrepris cette étude de morphologie expérimentale, et, dès les premières expériences, je me suis rendu compte que le fait de dessécher fortement l'air autour d'une plante entraîne des variations fort importantes de forme et de structure.

C'est l'exposé de ces modifications qui fait l'objet de mon travail.

J'ai en outre étendu les expériences de M. Lothelier à des plantes prises dans les familles les plus différentes et les résultats de mes recherches m'ont conduit à énoncer des conclusions générales que l'on trouvera plus loin.

Ce travail a été fait au laboratoire de Botanique de la Sorbonne et dans les champs d'expériences du laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau. Je remercie mon Maître, M. Gaston Bonnier, membre de l'Institut, de la bienveillante hospitalité qu'il a bien voulu m'accorder ainsi que des savants conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer.

J'adresse aussi mes remerciements à MM. E. Colomb et L. Dufour pour l'intérêt qu'ils ont bien voulu prendre à mes recherches.

EXPOSÉ DE LA MÉTHODE SUIVIE

Mes expériences, réparties sur trois années successives, ont été de deux sortes : les unes ont porté sur des plantes en germination qui par conséquent ont développé tout leur appareil aérien dans les milieux soit sec soit humide ; les autres, surtout pour les espèces ligneuses, se sont adressées, non plus à des germinations, mais à des branches comparables, prises sur un même pied et comptant, au moment de la mise en expérience, le même nombre de feuilles, autant que possible de mêmes dimensions.

Les plantes en expérience, placées dans les différents milieux, et les plantes témoins poussant dans l'air normal, étaient d'ailleurs dans des conditions absolument identiques, c'est-à-dire dans le même sol, avec le même degré d'hygroscopicité, et exposées au même éclairement.

Le dispositif était le suivant :

Lorsque les plantes étaient dans des pots, ceux-ci étaient vernissés et la surface de la terre recouverte de lames de verre ; ces lames ne laissaient passer que la base de la tige, et étaient mastiquées sur leurs points de contact, de façon à empêcher la vapeur d'eau émise par la terre humide de pénétrer à l'intérieur des cloches que je plaçais au-dessus.

Dans certaines des cloches de verre qui recouvraient les plantes, j'entretenais un air saturé d'humidité, grâce à la présence, à leur intérieur, d'un certain nombre de flacons à large col, remplis d'eau, et, dans les autres, un air constamment desséché par la présence d'acide sulfurique réparti suivant le même dispositif.

Quand il s'agissait d'espèces ligneuses, et que je m'adres-

sais à des branches, comme je l'ai dit plus haut, je me servais de cloches plus grandes en hauteur, renversées et reposant sur une petite tablette de bois maintenue par quatre pieds, à la hauteur de la branche mise en expérience. La pousse qui devait se développer était amenée jusqu'à l'ouverture ménagée par la douille de la cloche et maintenue par un tampon de coton.

La partie supérieure de la cloche était fermée par une lame de verre mastiquée sur les bords et percée de deux trous par lesquels passaient deux tubes de verre, ceux-ci étaient ordinairement fermés, nous verrons plus loin à quoi ils servaient.

A l'intérieur de la cloche, et étagés tout le long de sa hauteur, étaient suspendus un certain nombre de flacons remplis d'acide sulfurique, et pour éviter la formation d'une couche d'acide hydraté et désormais sans action absorbante à la surface de l'acide sulfurique, ce dernier était changé tous les deux jours et remplacé par de nouvel acide sulfurique.

Pour empêcher l'acide carbonique dégagé par la plante d'intervenir comme agent toxique, l'air était remplacé deux fois par jour dans les cloches, et cela au moyen des deux tubes dont j'ai plus haut signalé l'existence. Lors du renouvellement de l'air, ils étaient ouverts ; l'un d'eux était mis en relation, par un tube de caoutchouc, avec un soufflet grâce auquel on envoyait l'air dans la cloche. La pression chassait par l'autre tube l'air confiné qui existait à l'intérieur de celle-ci.

Entre le soufflet et la cloche, l'air envoyé à l'intérieur passait, suivant les besoins, tantôt à travers une éprouvette remplie de chlorure de calcium, tantôt au contraire à travers une éprouvette pleine d'eau.

D'autres plantes étaient cultivées en pleine terre. Dans ce cas, le sol était maintenu à un degré constant d'hygroscopicité de la façon suivante :

Les plantes étaient disposées les unes à côté des autres,

comme l'indique la figure 1, au nombre de trois ou quatre, dans des espaces circulaires A, B, C, recouverts de cloches qui prenaient leur appui sur une lame de verre percée

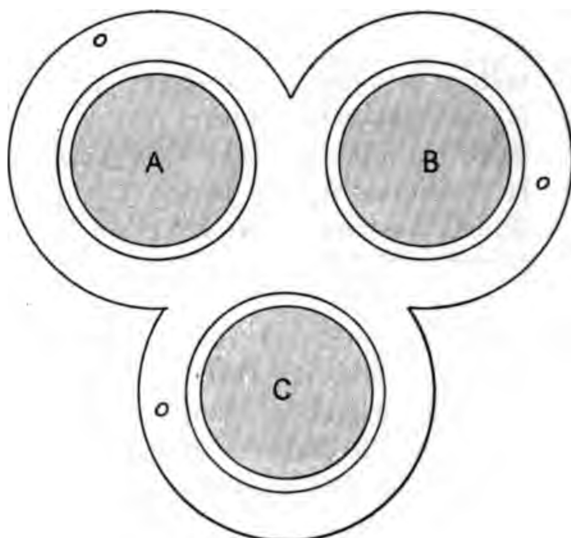


Fig. 1. — A, B, C, espaces circulaires de terrain recouverts d'une cloche prenant leur appui sur des disques de terre *b*. — O, rigole.

d'orifices ne laissant passer que les tiges des plantes, sans permettre la pénétration à l'intérieur de la cloche, de l'eau d'évaporation du sol.

Deux tubes coudés *ab* et *cd* (fig. 2), traversant les lames de verre par des orifices *ad hoc*, permettaient, le cas échéant, l'entrée et la sortie de l'air (les extrémités *b* et *d* étaient, en temps normal, fermées par un tampon de coton).

Dans ces cloches, j'entretenais un air soit sec, soit humide. Pour ce qui est des plantes témoins, c'est-à-dire poussant normalement, je les recouvrais également d'une cloche, de façon à les maintenir dans les mêmes conditions de chaleur et d'éclairement, mais la cloche était séparée de la lame de verre par des cales de bois d'une certaine épaisseur, permettant la libre circulation de l'air extérieur.

Les espaces circulaires A, B, C étaient entourés, sur

tout leur pourtour, par une rigole ayant partout la même profondeur et dans laquelle, tous les jours, on versait une quantité d'eau déterminée.

Pour les cas où j'opérais sur les branches d'une même plante, il n'y avait pas à égaliser l'humidité du sol.

Toutes les fois qu'il s'est agi de choisir des échantillons

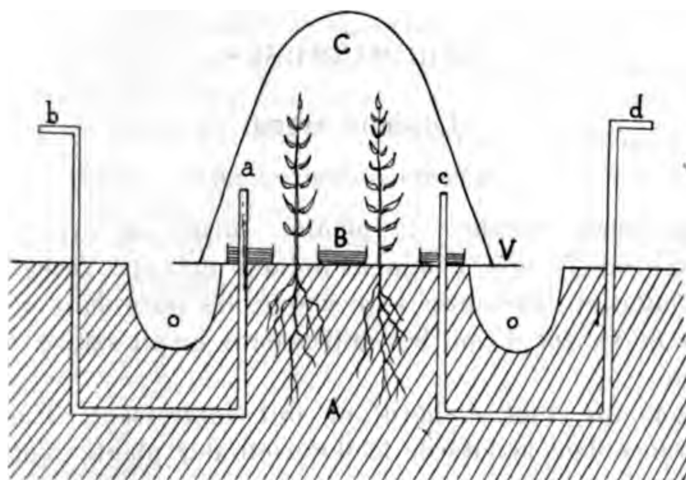


Fig. 2. — A, terrain ; B, vases remplis d'eau ou d'acide sulfurique ; C, cloche ; V, disque de verre ; *ab*, *cd*, tubes de verre coudés ; O, rigole.

provenant de graines, j'ai employé le système des sélections successives : un lot de graines, de poids sensiblement égal, était mis à germer ; au bout de quelques jours, une première sélection, consistait à enlever toutes les plantes dont le développement était en retard sur les autres ; on répétait quatre ou cinq fois ce triage et, finalement. une dizaine d'échantillons prélevés dans le lot restant étaient mis en expérience ; les plantes définitivement choisies étant aussi semblables que possible, on se trouvait ainsi ne pas avoir à tenir compte d'erreurs pouvant provenir des variations individuelles.

Chaque résultat que l'on trouvera indiqué dans le courant de cette étude est la moyenne de ceux fournis par de

nombreux échantillons, chaque expérience ayant toujours porté sur un certain nombre d'exemplaires de la même espèce.

Les dimensions indiquées dans les tableaux, à propos de la morphologie interne, sont toutes exprimées en divisions arbitraires fournies par l'oculaire micrométrique n° 2 Leitz, avec l'objectif n° 3.

LÉGUMINEUSES

Lupinus albus.

MORPHOLOGIE EXTERNE

Un certain nombre de plantes, mises en expérience comme on l'a précédemment indiqué ont été recueillies deux mois et demi après leur séjour, les unes dans un air privé de vapeur d'eau, les autres dans un air saturé d'humidité.

Signalons, tout d'abord, un fait intéressant : c'est la différence dans la date de la floraison des plantes comparées.

Les premières ont fleuri plus tôt, les secondes plus tard que dans l'air ordinaire (1).

Au moment où l'on recueille les échantillons, on constate tout d'abord que les individus placés dans l'air *sec* ont des dimensions moindres que ceux qui ont développé leur appareil végétatif dans l'air *normal*, et que, inversement, ceux qui ont évolué dans l'air *humide* ont une hauteur plus grande.

Ajoutons que dans ce dernier milieu les plantes sont molles, peu résistantes, presque affaissées sur elles-mêmes, tandis que celles des autres milieux sont fermes, rigides et bien dressées.

On peut voir également que les feuilles sont beaucoup

(1) M. E. Gain a annoncé un résultat semblable à propos de ses recherches sur l'humidité du sol.

plus petites dans le milieu sec ; elles sont bien étalées, et donnent au toucher une impression d'épaisseur plus grande que dans l'air ordinaire, elles présentent des poils plus nombreux, des stipules plus petites et ont une couleur vert foncé.

Au contraire, dans l'air saturé d'humidité, les feuilles ont une surface beaucoup plus grande, elles sont rabattues contre le pétiole, molles, donnent la sensation d'une moindre épaisseur, sont presque lisses, accompagnées de grandes stipules, et présentent une coloration vert jaunâtre, très pâle.

Dans le milieu humide, les folioles sont fréquemment au nombre de sept ou huit, alors qu'on n'en compte que cinq ou six dans les deux autres milieux.

On peut se rendre compte des dimensions comparées des feuilles par la figure 3.

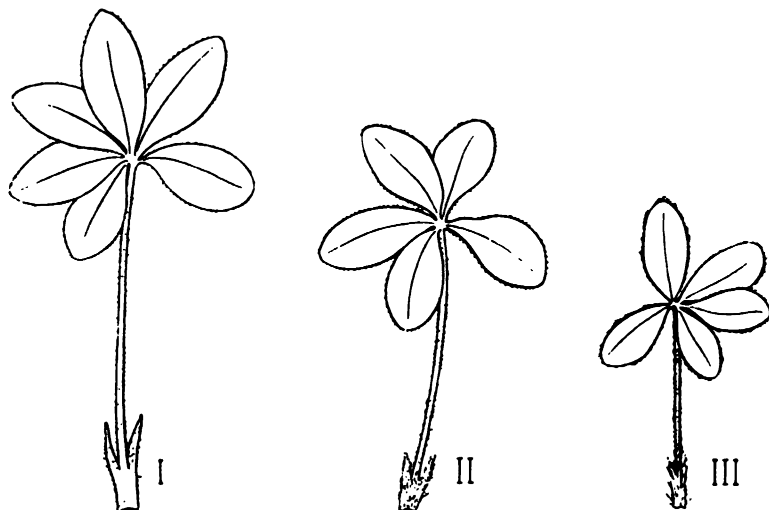


Fig. 3. — Lupin. — I, feuille développée à l'air humide ; II, feuille développée à l'air normal ; III, feuille développée à l'air sec.

Pour préciser les différences de développement des plantes en expérience, donnons quelques chiffres :

Les tiges ont une longueur moyenne de 22 centimètres dans l'air ordinaire, de 20 centimètres dans l'air sec, et de

24 centimètres dans l'air humide, répartis sur huit entre-nœuds dans les trois séries de plantes.

La longueur des pétioles a varié dans le même sens comme on peut le voir dans te tableau suivant :

Nos d'ordre des feuilles.	Air sec.	Air normal.	Air humide.
—	centimètres.	centimètres.	centimètres.
1re feuille	4	6	7
2e —	4,5	6	8
3e —	5	7	8
4e —	4,5	5	8
5e —	4,5	6	6,4
6e —	4,3	5	6
7e —	4,3	5	5,6
8e —	3,2	4,7	4,9
9e —	3	4	4,5

Nous voyons, d'après ce qui précède, que, dans le milieu humide, la plante tout entière est plus développée et moins rigide que dans le milieu normal, les entre-nœuds et les pétioles y ont une plus grande longueur, les stipules sont plus grandes, les folioles plus nombreuses, plus larges et moins épaisses.

Dans le milieu sec, la plante présente, par rapport à celle de l'air ordinaire, les caractères exactement inverses.

Si nous nous adressons maintenant à l'appareil radiculaire, nous y trouvons quelques particularités intéressantes.

D'abord il est beaucoup plus développé chez les individus dont les organes aériens ont vécu dans l'air sec, tandis qu'au contraire il subit une réduction considérable dans les plantes ayant grandi dans l'air saturé d'humidité.

Dans une note publiée antérieurement (1), j'ai déjà donné une raison de ce phénomène : dans l'air sec, la plante, quoique présentant diverses particularités anatomiques qui ont pour effet de la défendre contre une transpiration exagérée, transpire cependant plus que dans les deux autres milieux; elle a par conséquent besoin, pour continuer à

(1) Eberhardt, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXXI, 1900.

vivre, d'une quantité d'eau plus considérable, elle développe alors un grand nombre de radicelles qui vont à la recherche de l'eau qui lui est nécessaire. Nous verrons plus loin que ce fait est en relation directe avec le développement de l'appareil conducteur de la plante.

Dans l'air saturé d'humidité, au contraire, la plante a une transpiration forcément très faible, elle se défend alors contre l'absorption trop grande de l'eau, par une réduction très sensible du nombre de ses radicelles. Ces faits sont en relation avec le nombre des stomates, qui est plus grand dans l'air sec et beaucoup plus faible dans l'air humide que dans l'air ordinaire.

Un autre point, intéressant à constater, est la plus grande abondance des nodosités sur les racines des plantes poussant dans un air saturé d'humidité. Ces nodosités y sont beaucoup plus développées que dans l'air normal, la proportion variant du simple au double, tandis que dans l'air sec, au contraire, elles sont, en bien moins grande quantité et peuvent même souvent, dans ce cas, faire complètement défaut.

M. Gain (1) a remarqué et signalé ce fait que les Légumineuses recueillies par lui dans des stations très sèches d'Algérie, présentaient, en général, un moins grand développement de nodosités que celles poussant en France dans des localités moins arides.

Il en a conclu que ce résultat, concordant avec ses expériences personnelles (2), était dû à l'influence de la sécheresse du sol. Or, dans mes expériences, le même degré d'hygroscopicité existait dans le sol où se développaient mes plantes; par conséquent, il n'est pas douteux que, dans ce cas, ce fait doive être attribué à l'influence de l'air sec.

Au-dessus d'un sol sec, l'atmosphère est toujours moins

(1) E. Gain, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 12 juin 1893.

(2) E. Gain, *Mission scientifique de physiologie végétale en Algérie et en Tunisie.*

chargée d'eau qu'au-dessus d'un sol humide; cela se produit naturellement dans les contrées désertiques dont le sol est peu humide, où, de plus, des vents desséchants balayent fréquemment l'atmosphère en contact avec le sol, et tendent par conséquent à exagérer encore la sécheresse de l'air, en augmentant l'évaporation; il est donc bien évident que l'air sec, dans ce cas particulier, réalisé par la nature, exerce l'influence que je lui attribue dans mes expériences. Il est du reste possible, et même vraisemblable que la sécheresse du sol et celle de l'air aient agi dans le même sens et combiné leurs effets dans les cas signalés par M. Gain.

MORPHOLOGIE INTERNE

Tige. — Des coupes faites à la même hauteur dans des entre-nœuds comparables nous ont donné les résultats suivants :

a. *Milieu normal.* — En allant de la périphérie vers le centre, nous trouvons d'abord un épiderme non cutinisé, présentant simplement une paroi externe un peu plus épaisse que les autres.

Vient ensuite une première assise corticale dont les cellules sont à parois épaissies, puis une seconde assise dont les cellules ont les mêmes dimensions que celles de la première, mais des parois minces : çà et là quelques larges méats existent entre ces deux assises.

A la suite de celles-ci, on en trouve une dizaine d'autres, formées de cellules à parois très minces, intimement unies entre elles et dont les quatre premières sont complètement aplaties dans le sens tangentiel sous la pression du cylindre central, phénomène que j'ai signalé et expliqué précédemment (1).

Les groupes de cellules, qui, plus tard, formeront le sclérenchyme, quoique déjà distinctes des cellules parenchy-

(1) Eberhardt, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences, modifications dans l'écorce primaire chez les Dicotylédones*, t. CXXVIII, 1899.

mateuses qui les entourent, par leur forme et leurs dimensions, ne présentent encore aucune trace de lignification dans leurs parois qui ne sont même pas encore plus épaissies que les voisines.

Le liber que nous rencontrons ensuite nous montre ici ses cellules non déformées et précède une assise génératrice libéro-ligneuse très nette.

L'anneau ligneux, épais, compte, dans ses endroits les plus larges, cinq rangées de vaisseaux à lignification peu accentuée et à l'extrémité desquels se voient de gros vaisseaux en formation dont les parois ne renferment pas encore la moindre trace de lignine.

Rien de particulier à signaler dans la moelle formée de grandes cellules à parois minces et de forme polyédrique.

b. *Milieu sec.* — L'épiderme présente ici des cellules un peu plus petites que dans le cas précédent, à paroi externe très épaisse et légèrement cutinisée.

L'écorce qui vient ensuite est en quelque sorte divisée en trois parties très nettement distinctes les unes des autres. La plus externe est composée de trois assises de cellules dont les dimensions vont en augmentant de la périphérie vers le centre. Les cellules des deux premières sont à parois épaisses, celles de la troisième à parois plus minces; la partie la plus interne se traduit par trois assises d'éléments à parois minces, et de très grandes dimensions, étroitement unies entre elles. Séparant la partie externe de la partie interne, se trouvent plusieurs assises de cellules, non plus seulement aplaties tangentiellement comme dans le milieu normal, mais complètement écrasées les unes contre les autres : les deux parois, l'externe et l'interne, sont accolées l'une à l'autre, et toute lumière cellulaire a disparu.

Comme je l'ai démontré dans la note citée plus haut, ce fait nous prouve que l'écorce est ici arrivée à un degré de différenciation plus accentué que dans le milieu précédent.

Le sclérenchyme se traduit ici par des arcs de cellules à parois épaissies, et à lumière très réduite. De place en place, quelques-unes des parois présentent des traces de lignification.

Le liber se compose de cellules petites et fortement aplaties; rien de particulier à signaler dans l'assise génératrice libéro-ligneuse.

L'anneau ligneux est formé de vaisseaux à parois très lignifiées et plus épaisses que dans le milieu normal. La lumière de ces vaisseaux a un diamètre plus grand que celle des vaisseaux de la plante ayant poussé normalement.

Comme dans l'air ordinaire, les cellules de la moelle sont polyédriques, mais elles présentent des angles moins accusés.

c. *Milieu humide.* — L'épiderme n'est pas cutinisé et présente une tendance à l'allongement de ses cellules dans le sens radial; seule, l'assise sous-épidermique présente un léger épaississement de ses parois; les six assises corticales qui lui font suite sont toutes à parois minces, très lâchement unies entre elles et de grandes dimensions. Nous n'avons plus trace ici des assises aplaties ou écrasées rencontrées dans les milieux précédents.

Pas trace non plus de sclérenchyme; les cellules qui, plus tard se transformeront en tissu scléreux ne se distinguent pas encore par l'épaisseur de leurs parois, des cellules parenchymateuses voisines; seules, leurs dimensions permettent de les reconnaître.

L'anneau ligneux n'est pas encore complètement dessiné et de place en place on distingue encore les faisceaux libéro-ligneux primaires que séparent de larges bandes de tissu parenchymateux. Le bois ne présente que deux assises de vaisseaux, et encore les parois de ces derniers ne sont-elles que faiblement lignifiées.

A l'inverse de ce que nous avons trouvé dans les deux cas précédents, les cellules de la moelle sont grandes, à

parois minces; elles présentent de nombreux et grands méats, et rappellent par leur forme et leur disposition, celles de l'écorce interne.

Donnons, en terminant, les dimensions respectives des différents tissus de la tige dans les trois milieux :

Milieux.	Écorce.	Bois.	Moelle.
Sec	0,9	0,9	9
Normal	1,5	0,7	10
Humide	3	0,3	12

Ces quelques nombres montrent que les dimensions de l'écorce sont réduites dans l'air sec, augmentées au contraire dans l'air humide.

Que celles du bois, augmentées dans le milieu sec sont diminuées dans le milieu humide.

Enfin, que la moelle, subissant des réductions de même sens que l'écorce, réduit son développement en présence de l'air sec et l'augmente, au contraire, en présence d'un excès d'humidité.

Feuille. — 1° *Pétiole.* — Si nous comparons maintenant la structure des pétioles de feuilles semblables, de même ordre et de même âge, la quatrième par exemple en partant de la base, nous pouvons y constater des différences qui sont dans le même sens que celles précédemment constatées sur la tige.

L'épiderme présente partout la même forme de cellules, avec un épaississement plus accentué, toutefois, dans le milieu sec et plus faible dans l'atmosphère humide que dans l'air normal.

Dans le pétiole des plantes ayant poussé à l'air sec, le tissu parenchymateux sous-jacent se montre formé de cellules assez serrées les unes contre les autres et ne laissant que de petits méats dans leurs intervalles, alors que dans celui des plantes développées à l'air normal, ces méats déjà plus grands se transforment en de véritables lacunes dans le milieu humide.

Le sclérenchyme est indiqué dans les trois milieux ; il est néanmoins possible de constater que la lumière des cellules est plus grande dans celui qui est humide que dans le normal, et que, dans le milieu sec un commencement de lignification se manifeste dans plusieurs cellules par une légère coloration verte en présence du vert d'iode.

L'appareil libéro-ligneux se traduit par un certain nombre de faisceaux dont un principal, deux moyens et un certain nombre de plus petits noyés dans la masse du tissu parenchymateux.

En outre des trois principaux qui sont constants, le nombre des faisceaux secondaires varie ; on en compte :

Trois dans le milieu humide ;

Cinq dans le milieu normal ;

Sept dans le milieu sec.

Ce qui porte le nombre des faisceaux libéro-ligneux à :

Six dans l'air humide ;

Huit dans l'air normal ;

Et *dix* dans l'air sec.

De plus, la lignification est plus accentuée dans ce dernier cas ; sensiblement la même dans l'air ordinaire pour le faisceau principal, elle est moins marquée pour tous les faisceaux secondaires.

Le tissu parenchymateux est creusé, au centre, d'une large lacune dont les dimensions varient d'un milieu à l'autre ; très grande dans l'atmosphère humide, elle l'est moins dans le milieu normal et se présente très réduite dans le gaz sec.

2° *Limbe*. — Considérons en premier lieu la nervure médiane :

Nous trouvons un épiderme inférieur qui, légèrement cutinisé dans le milieu sec, ne l'est pas dans les deux autres. Cet épiderme est formé de cellules ayant tendance à un faible allongement radial dans l'air normal, présentant, avec les mêmes formes, des dimensions plus petites dans l'air

sec, et, au contraire, avec des dimensions plus grandes dans l'air humide, un aplatissement tangentiel.

Tout autour du faisceau libéro-ligneux se trouve un véritable manchon de cellules parenchymateuses dans lesquelles nous pouvons, suivant les milieux, remarquer d'assez grandes différences.

Dans l'air ordinaire, ce tissu est formé de cellules à formes arrondies, rarement anguleuses, dont les diamètres vont en diminuant à mesure que l'on va de la périphérie vers le centre de la coupe ; il est facile de distinguer entre ces cellules de larges méats et souvent même des lacunes.

Au contraire, dans l'air sec, le tissu correspondant est compact, composé de cellules polyédriques, laissant à peine çà et là entre elles quelques méats ordinairement de très petites dimensions.

Dans l'air humide, nous ne retrouvons ce tissu à peu près homogène, que dans la partie de la coupe comprise entre l'épiderme inférieur et le faisceau libéro-ligneux ; dans cette région, il est composé de cellules complètement arrondies, laissant entre elles de larges lacunes.

Avec les milieux précédents, la différence s'accentue plus importante encore, sur les côtés latéraux du faisceau libéro-ligneux et dans la partie comprise entre ce faisceau et l'épiderme supérieur. Dans ces portions de la coupe le tissu parenchymateux, est en effet transformé en un tissu lacuneux, à cellules très lâchement unies entre elles, et creusé de vastes chambres à air.

Dans aucun des milieux, nous ne trouvons de sclérenchyme. Rien de particulier à dire sur le liber si ce n'est qu'il est légèrement plus développé dans l'air sec. Mais les différences sont bien accentuées d'un milieu à l'autre dans l'appareil ligneux proprement dit, qui est indiqué dans l'air normal par cinq ou six vaisseaux à parois lignifiées, tandis que dans l'air sec on en compte de quinze à seize dont les parois sont très épaissies, fortement lignifiées, et qui, cependant, possèdent une lumière plus grande que dans l'air normal.

Dans l'air saturé d'humidité, les vaisseaux, inférieurs en nombre à ceux de l'air normal, ont une lumière plus réduite qu'en ce dernier milieu, quoique leurs parois soient d'une épaisseur moindre.

Enfin l'épiderme supérieur se montre avec des cellules légèrement cutinisées dans le milieu sec, et plus petites que dans le milieu normal, alors que la cutinisation n'existe pas dans le milieu humide et que les cellules y ont des dimensions plus grandes.

Les différences signalées plus haut pour les épidermes persistent dans le limbe de la feuille; ajoutons seulement que les poils sont, à la surface de l'épiderme inférieur, plus nombreux dans l'air sec, et moins abondants dans l'air humide que dans l'air normal.

La feuille présente des épaisseurs un peu différentes suivant les milieux, comme nous l'avons déjà dit précédemment, mais les principales différences consistent dans le degré de développement des divers tissus.

Le tissu en palissade, qui, dans les plantes développées à l'air normal, occupe à peu près la moitié de l'épaisseur du limbe, occupe dans celles qui ont évolué dans l'air sec les deux tiers de cette épaisseur; en outre, les cellules palissadiques sont dans ce dernier milieu serrées les unes contre les autres assez étroitement, alors que dans le premier on trouve entre elles, de distance en distance des lacunes très nettes.

Les cellules du tissu lacuneux sont à parois plus sinueuses chez les feuilles du milieu normal, que chez celles poussées à l'air sec et les lacunes dans ce dernier y ont une importance moindre.

Quant au limbe de la feuille développée en présence d'un excès d'humidité, il présente un aspect tout particulier. Le tissu en palissade, si l'on peut nommer ainsi les cellules de forme allongée situées sous l'épiderme supérieur, présente des cellules, la plupart du temps isolées, groupées quelquefois deux par deux et séparées les unes des autres

par de vastes chambres à air; il n'occupe qu'un cinquième environ de l'épaisseur de la feuille.

On trouve, lui faisant suite, un tissu lacuneux à grandes cellules passant insensiblement de la forme allongée des cellules palissadiques à une forme plus arrondie. En réalité, le tissu en palissade que l'on trouve ici, n'est que la continuation du tissu lacuneux sous-jacent.

La feuille de Lupin, qui présente dans le milieu normal un type franchement hétérogène, dont l'hétérogénéité s'accentue encore davantage dans le milieu sec, tend dans le milieu humide à prendre le type homogène.

Enfin l'épiderme inférieur présente dans le milieu sec des cellules plus petites que dans le milieu normal, à parois moins sinueuses et comprend un nombre beaucoup plus grand de stomates. Plus grandes au contraire, que dans le milieu normal, sont les cellules de l'épiderme de la feuille développée à l'air humide, en même temps que les parois

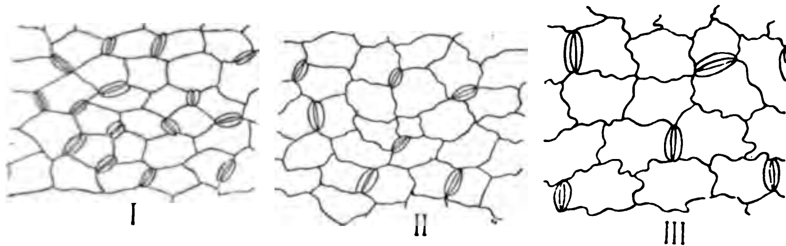


Fig. 4. — Épiderme de la feuille de Lupin. — I, dans l'air sec; II, dans l'air normal; III, dans l'air humide.

sont plus sinueuses, mais le nombre des stomates est plus petit (Voy. fig. 4).

En résumé, nous voyons que pour le Lupin, l'air sec comparé à l'air normal a pour effet :

De hâter la floraison ;

De restreindre la croissance de la plante et d'augmenter sa résistance;

De diminuer la surface foliaire et la grandeur des stipules;

De réduire la longueur des entre-nœuds et celle des pétioles;

De donner un plus grand développement à l'appareil radiculaire et de tendre à faire disparaître la production des nodosités;

De diminuer le diamètre des cellules épidermiques;

De réduire les dimensions de l'écorce et de la moelle;

D'accentuer l'homogénéité de ces tissus dans la tige et le pétiole;

D'activer la différenciation du sclérenchyme et le fonctionnement des assises génératrices;

De produire un plus grand développement du bois;

D'augmenter dans la feuille la production des poils et des stomates;

De fournir un plus grand développement du tissu en palissade et de réduire le tissu lacuneux.

La comparaison de l'air normal à l'air humide a montré au contraire que ce dernier :

A retardé la floraison;

A augmenté la croissance en hauteur de la plante et en même temps en a diminué la rigidité ;

A accru la longueur des entre-nœuds et celle des pétioles, ainsi que la surface des limbes ;

A diminué l'appareil radiculaire, et exagéré la production des nodosités.

Dans la tige et le pétiole, l'action de l'humidité :

A augmenté le diamètre des cellules épidermiques, tout en empêchant la formation de la cuticule ;

A donné un plus grand développement à l'écorce et à la moelle tout en arrondissant les cellules, et a augmenté dans ces tissus la présence des lacunes ;

A retardé la formation du sclérenchyme et diminué de beaucoup la différenciation de l'appareil ligneux.

Dans la feuille, elle :

A diminué son épaisseur;

Allongé les cellules de l'épiderme ;

Réduit le nombre des stomates ;

Augmenté le tissu lacuneux et creusé de grandes lacunes dans le tissu en palissade, que, d'autre part, elle a singulièrement réduit.

Elle tend en un mot à ramener le type anatomique des différents tissus à prendre les caractères de ceux du milieu aquatique.

Mimosa pudica.

Les plantes étudiées provenaient de germinations, elles ont été choisies comme il a été expliqué plus haut et étaient en tous points comparables, lors de la mise en expérience. Elles avaient alors la même hauteur, le même nombre de feuilles, etc.

Au bout de quelque temps, une semaine et demie, elles présentaient déjà des caractères de morphologie externe très différents, les plantes du milieu humide prenaient une avance réelle sur celles du milieu normal, leurs pétioles dépassaient en longueur ceux des plantes normales de près d'un tiers, et les feuilles nouvelles montraient déjà un développement marqué, alors que celles des deux autres milieux ne faisaient qu'apparaître en dehors du bourgeon.

Ces différences continuèrent de s'accroître jusqu'à la fin de l'expérience, en même temps que la teinte des feuilles diminuait de plus en plus d'intensité ; au moment où les échantillons furent recueillis, c'est-à-dire deux mois et demi après la mise en expérience, les feuilles du milieu humide étaient complètement jaunes, sauf les dernières venues.

Les caractères des plantes développées à l'air sec étaient, par rapport à celles développées normalement, exactement inverses de ceux que nous venons de décrire, mais ils ont commencé à s'affirmer un peu plus tard.

Au moment où l'on recueillit les plantes, la hauteur moyenne des échantillons était la suivante :

	Centimètres.
Air sec	17
Air normal	24
Air humide	27

Ajoutons, que les folioles, très adhérentes à la nervure médiane dans les plantes développées normalement, comme dans celles qui ont évolué dans l'air saturé d'humidité, sont, dans l'air sec au contraire, tombées de très bonne heure; celles des feuilles supérieures se détachent au moindre attouchement, et l'examen anatomique de la région du point d'attache nous a révélé, disons-le de suite, le développement dans ce milieu d'assises qui, dans les deux autres, n'ont pas encore commencé leur évolution.

La chute des folioles a précédé de très peu de temps celle du pétiole dans les feuilles inférieures, et il est facile aussi de constater dans la région du point d'attache l'existence de couches cicatricielles nettement différenciées.

A noter encore un développement plus grand de l'appareil radiculaire dans le milieu sec, et une diminution très sensible de ce même appareil dans les échantillons élevés dans l'air humide.

MORPHOLOGIE INTERNE

Tige. — a. *Air normal.* — L'épiderme a une cuticule de faible épaisseur et des petites cellules; celles de l'assise sous-épidermique ont des parois légèrement épaissies et sous cette couche viennent ensuite cinq assises de cellules à parois très minces.

Le sclérenchyme forme un anneau complet, interrompu en deux ou trois endroits par des plages de tissu parenchymateux à éléments de petites dimensions.

La différenciation de ce tissu est incomplète, les deux assises supérieures seules prennent la coloration au contact du vert d'iode, les autres n'ont point encore leurs parois imprégnées de lignine et présentent des lumières de plus en

plus grandes à mesure que l'on se rapproche du centre de la coupe.

Les cellules du liber sont faiblement écrasées. Les formations secondaires ont commencé, quoique on distingue encore les faisceaux primaires, séparés par du tissu parenchymateux dans les cellules duquel la lignification a commencé, et se montre très visible dans les deux assises supérieures.

La moelle ne présente de lignification dans aucune de ses cellules, qui toutes sont grandes et à parois minces.

b. *Air sec.* — Les cellules de l'épiderme ont un diamètre moindre et la cuticule est plus épaisse que dans l'air normal.

L'écorce est plus réduite, elle a le même nombre d'assises mais ses éléments sont plus petits ; on y trouve deux assises de collenchyme.

Un arc scléreux, formé de cinq assises de cellules à parois fortement lignifiées et à lumière très faible.

La différence avec le milieu précédent est surtout nette dans l'anneau du bois. Les formations secondaires sont cette fois, en plein développement et l'on a un anneau ligneux complet. Les vaisseaux sont unis par du sclérenchyme à parois très épaisses ; leur diamètre est sensiblement égal à ceux du milieu normal mais ils sont en beaucoup plus grand nombre.

La moelle dont le diamètre est plus faible aussi, nous montre deux sortes de cellules : une zone périphérique à petits éléments dont quelques-uns sont en train de se lignifier, et une zone centrale formée d'éléments plus étendus.

c. *Air humide.* — La cuticule est moins épaisse ici. Les cellules de l'écorce, un peu plus grandes que dans l'air normal, laissent entre elles des méats qui n'existaient pas dans ce dernier milieu. Elles viennent se buter contre plusieurs assises de cellules à forme plus polyédrique, plus petites, mais dans les parois desquelles la sclérification n'a point encore commencé.

Pour ce qui est du bois, quelques vaisseaux seuls sont différenciés dans le méristème et se sont groupés en paquets qui rappelleraient assez volontiers une structure primaire; ils sont séparés par de larges espaces remplis de tissu parenchymateux dont les cellules ne présentent pas trace de lignification.

La moelle, dont le diamètre dépasse celui du même tissu dans l'air normal, est formée de grandes cellules hexagonales à parois minces.

Phaseolus vulgaris.

De nombreux pieds de haricot, après avoir été choisis tous semblables, une fois les cotylédons tombés, ont été mis en expérience, comme il a été dit précédemment et recueillis après deux mois et demi.

Les échantillons développés dans l'air sec ont fleuri environ une semaine plus tôt que ceux de l'air normal; au contraire ceux dont l'appareil végétatif a évolué dans l'air humide ont manifesté un retard d'une semaine et demie en moyenne.

Au moment où les plantes ont été recueillies, plusieurs fruits (de 10 à 15) de 4 à 5 centimètres de longueur étaient visibles dans celles de l'air sec tandis que sur les plants développés normalement on n'en comptait que 5 à 6 avec des dimensions plus réduites : 2 à 3 centimètres seulement.

Les entre-nœuds, au nombre 5 dans l'air sec, sont au nombre de 3 dans l'air normal; les échantillons de l'air humide en présentent 4 en général, beaucoup cependant n'en ont que 3 et quelques-uns 2 seulement.

Les dimensions moyennes des entre-nœuds sont indiquées dans le tableau suivant, et présentent des différences très marquées suivant le milieu dans lequel les plantes se sont développées.

MILIEUX.	LONGUEUR DES ENTRE-NŒUDS.					NOMBRE des entre-nœuds.	LONGUEUR totale.
	1er	2e	3e	4e	5e		
Air sec...........	4,2	5,0	10	8	3,1	5	30,3
Air normal.......	6,4	17,0	10	—	—	3	33,4
Air humide......	3,4	9,2	14	12	—	4	38,6

On le voit, les parties aériennes développées dans les différents milieux ont été :

	Centimètres.
Air normal.............................	33,4
Air sec..................................	30,3
Air humide..............................	38,6

La longueur des pétioles présente des différences très marquées, suivant le milieu considéré.

Nous donnerons ici, pour ne pas entrer dans des détails inutiles, la longueur des pétioles d'une feuille seulement, la seconde par exemple, les différences sont suffisamment probantes.

Le pétiole de la feuille développée dans l'air normal mesure 9 centimètres.

Celui développé à l'air sec 7 centimètres.

Et celui de l'air humide 13cm,5.

Les mêmes différences de teintes des feuilles se retrouvent ici, comme dans les plantes précédentes.

Les feuilles de l'air sec sont plus foncées que les feuilles normales et celles de l'air humide présentent une teinte vert pâle, presque jaune.

Les racines secondaires ont acquis un développement plus important dans les plantes dont l'appareil aérien s'est développé dans l'air desséché ; elles se trouvent au contraire passablement réduites dans les plantes qui proviennent de l'air saturé d'humidité, mais en revanche, tandis que ces dernières ont accru de beaucoup le nombre de leurs nodosités radiculaires tout en restreignant leurs dimen-

sions, les premières en présentent un nombre moindre que dans la normale.

Ajoutons encore que les plantes du milieu sec ont un port robuste et vigoureux, alors que celles du milieu humide sont molles et ne présentent pas la moindre résistance au toucher, enfin que les stipules très réduits, presque avortés dans l'air sec, ont acquis dans l'air humide une large surface équivalant à peu près au double de celle des échantillons normaux.

Pour la morphologie interne, les différences sont toujours dans le même sens : écorce réduite dans l'air sec en même temps qu'elle devient plus collenchymateuse ; plus développée au contraire dans l'air humide, où le collenchyme n'existe pour ainsi dire plus.

Le sclérenchyme suit la même loi, et le bois également.

On trouve rafigurée dans la planche I, l'écorce du *Phaseolus* dans les trois milieux.

Dolichos Lablab.

De nombreux pieds de Dolichos ont également été mis en expérience en deux séries différentes. La durée de l'expérience de la première série a été de trois mois, celle de la seconde a été de quatre mois et demi ; toutes deux nous ont donné des résultats identiques à ceux que nous venons de décrire, nous nous bornerons donc à signaler le fait pour mémoire et n'entrerons point dans des détails au sujet de l'anatomie de ces plantes.

Signalons seulement que dans la deuxième série d'expériences, c'est-à-dire celle qui a eu une durée relativement très courte, les différences de hauteur étaient déjà fort sensibles.

Tandis que les pousses développées normalement avaient une moyenne de 11 centimètres, celles de l'air sec n'en présentaient que 8 et celles de l'air humide en revanche avaient atteint 13 centimètres et demi.

Cytisus Laburnum.

Les expériences étant disposées comme il a été dit, on put constater qu'au bout de peu de temps, trois ou quatre jours, les plantes placées dans le milieu humide prenaient une avance sensible sur les autres, placées dans l'air sec et dans l'air normal; l'axe hypocotylé s'est allongé rapidement en même temps que les cotylédons prenaient une teinte vert jaunâtre. Les premières feuilles apparurent ici un peu avant celles des plantes plongées dans les deux autres milieux.

Le développement de l'axe hypocotylé fut plus lent dans l'air normal et cette lenteur s'accentua dans l'air sec.

La tige grandit très rapidement dans l'air humide, mais avec un aspect plus grêle. De même que pour l'axe hypocotylé, un ralentissement manifeste fut observé lors du développement de la tige dans l'air sec, et dans ce dernier milieu les cotylédons tombèrent plus rapidement que dans les deux autres; en outre le diamètre de la tige des échantillons provenant de l'air sec dépassait celui de la plante normale de près d'un tiers.

Les feuilles étaient peu nombreuses dans ce milieu, mais elles présentaient une surface plus large, compensation exigée par l'importance plus grande de la transpiration.

Ces plantes, dont le développement commença le 25 mai, furent recueillies le 1er juillet et présentèrent les différences suivantes :

Longueur des différentes parties de la plante.	Air sec.	Air normal.	Air humide.
Axe hypocotylé	2,5	3,0	3,5
Tige	1,2	3,0	7,5
Hauteur totale de la plante	6,5	9,5	14,0
Nombre des feuilles	4,0	4,0	7,0

J'ai constaté de plus que, dans l'air humide, la racine principale, bien développée, ne porte sur son parcours que

l'amorce de quelques radicelles; dans l'air normal, celles-ci ont un développement beaucoup plus marqué, et dans l'air sec, elles sont si abondantes qu'elles forment un véritable chevelu.

Faba vulgaris.

L'expérience pour ces plantes a eu une durée de six semaines.

Leur examen au moment où elles ont été recueillies nous a montré différents points dissemblables suivant les milieux.

Tout d'abord elles sont en fleurs dans l'air sec, en boutons dans l'air ordinaire et dans l'air saturé d'humidité ; mais, dans ce dernier, les boutons montrent un retard sensible sur ceux de l'air normal.

De même, dans ces deux milieux, toutes les feuilles sont en place, alors que dans le premier les plus âgées se sont flétries, desséchées et sont tombées.

Dans l'air ordinaire les plantes en expérience ont atteint 45 centimètres, répartis sur 6 entre-nœuds ; les pousses développées dans l'air desséché ont atteint 30 centimètres seulement, mais on y compte néanmoins 8 entre-nœuds; quant à celles qui proviennent de l'air humide, on y trouve, comme dans les normales, six entre-nœuds, mais très allongés et s'échelonnant sur 52 centimètres de longueur.

Les dimensions des feuilles sont, comme toujours, exagérées dans l'air humide, tandis qu'elles sont réduites dans l'air sec (fig. 5) ; je signalerai des modifications dans le même sens pour ce qui est des stipules et des nectaires, et en outre la différence de coloration de ces derniers, qui de violet foncé qu'ils sont normalement sont devenus complètement noirs dans l'air desséché et au contraire sont d'une intensité moindre dans l'air humide où ils tirent sur le violet rouge.

Je mentionnerai également dans les échantillons de l'air sec l'absence totale des nodosités sur les radicelles très

nombreuses; la diminution de ces dernières dans l'air humide qui en revanche offrent des nodosités plus petites

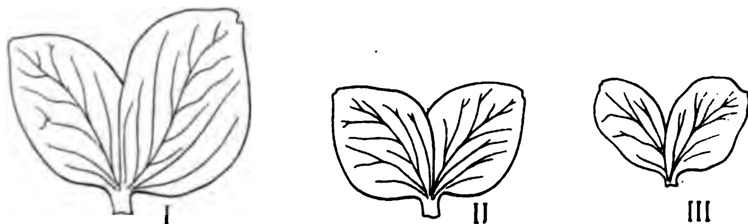


Fig. 5. — I, feuille développée à l'air humide; II, feuille développée à l'air normal; III, feuille développée à l'air sec.

mais en bien plus grand nombre que dans les échantillons ordinaires.

MORPHOLOGIE INTERNE

Pour les trois milieux, les coupes faites en des régions comparables ont mis en évidence les caractères suivants :

Dans l'air sec, l'épiderme présente des cellules isodiamétriques à paroi externe très cutinisée, alors que dans l'air normal ces cellules sont légèrement plus grandes et la cutinisation y est à peine indiquée ; dans l'air humide, les dimensions sont accentuées, mais on constate une réduction appréciable dans l'épaisseur de la cuticule.

Le nombre des stomates est plus grand dans l'air sec, moins dans l'air humide. L'assise sous-épidermique possède dans le premier de ces milieux des cellules dont les parois sont assez épaissies; celles des assises suivantes sont à parois minces sans aucune particularité intéressante. La dernière assise est en contact avec des paquets nettement différenciés de sclérenchyme, se touchant par leurs bords, le plus souvent, et formant un anneau presque complet, tandis que dans les échantillons normaux ces paquets, à peine indiqués, ne se colorent pas encore par le vert d'iode et sont séparés les uns des autres par de larges

espaces remplis de cellules parenchymateuses. Ces distinctions s'exagèrent dans l'air saturé d'humidité.

Le liber, dans l'air sec, est limité à la partie interne par une assise génératrice libéro-ligneuse très visible, même entre les vaisseaux primaires, et la différenciation en ces points est si nettement accusée que les parois d'un certain nombre de vaisseaux se colorent déjà fortement par les réactifs de la lignine, formant ainsi avec les vaisseaux primaires un anneau presque complet. Dans les échantillons normaux, l'assise génératrice est à peine visible; seuls les faisceaux primaires existent, composés d'un nombre moindre de vaisseaux, à parois moins épaisses et à lumière plus large. séparés les uns des autres par du tissu encore parenchymateux. Dans l'air humide il en est de même que dans le dernier milieu décrit, on y constate aussi la réduction du nombre des vaisseaux et une lignification encore moins accentuée.

Pour ce qui est de la feuille, l'épiderme présente des cellules sensiblement égales dans l'air sec et dans l'air normal, plus grandes et plus sinueuses dans l'air humide; mais par unité de surface, les stomates sont plus nombreux dans l'air sec et bien moins dans l'air humide que dans l'air normal.

Les différents tissus du mésophylle ont une différenciation plus accentuée dans le milieu sec, et la feuille, si elle diminue de surface, gagne en épaisseur; le tissu palissadique y est plus développé que normalement et dans le tissu lacuneux d'importance moindre, on trouve les dimensions de ses lacunes fort réduites. L'inverse exactement se passe dans l'air humide par rapport à l'air normal.

Colutea arborescens.

Des pousses prises à leur point de départ, c'est-à-dire à l'état de bourgeon sur des branches de même âge, appartenant au même pied, ont atteint dans le cours des treize semaines qu'a duré l'expérience :

	Centimètres.
Air sec	42
Air normal	51
Air humide	63

Ces branches présentaient les unes par rapport aux autres les mêmes caractères différentiels qui ont été détaillés pour les plantes précédentes; notons en outre chez les pousses développées dans l'air saturé d'humidité, la présence de nombreux rameaux secondaires issus du développement des bourgeons axillaires, qui normalement sont moins avancés et qui montrent dans l'air sec un retard évident, tandis qu'en revanche dans ce dernier milieu, le diamètre des tiges est notablement plus important; on y constate aussi la chute de presque toutes les feuilles de la base des branches.

MORPHOLOGIE INTERNE

La tige présente dans les échantillons poussés à l'air sec un épiderme dont les cellules sont plus petites que dans les branches normales et dont la paroi externe a une cuticule plus épaisse.

L'assise sous-épidermique commence à donner naissance au phellogène alors que dans les tiges provenant de l'air normal, nulle trace de cloisonnements n'existe encore dans les cellules de cette même assise.

Viennent ensuite quatre assises de cellules à parois minces, dont la dernière est en contact avec des arcs de sclérenchyme à peine séparés les uns des autres par une assise de cellules parenchymateuses; ces îlots nous montrent cinq assises de cellules nettement différenciées, à parois épaisses et très colorées par le vert d'iode. Dans les pousses normales, ces paquets de sclérenchyme sont indiqués également, mais la lignification des parois extérieures n'a pas encore commencé.

La différence entre les deux milieux se fait surtout sentir dans l'anneau ligneux :

Dans les branches poussées à l'air sec, on trouve un anneau de bois complet et les vaisseaux, plus nombreux, ont en même temps leurs parois très épaisses. Dans les tiges normales, le méristème ne fait que commencer à différencier les vaisseaux à parois encore minces et groupés par cinq ou six petits paquets que sépare un tissu purement parenchymateux.

Dans le milieu sec, la moelle a un diamètre très faible et ses cinq ou six assises les plus externes sont complètement lignifiées, augmentant ainsi l'appareil de soutien du végétal.

Dans l'air normal, la moelle a un plus grand diamètre mais on ne constate pas la moindre trace de lignification dans ses éléments.

Le tableau suivant permet de comparer les dimensions et l'importance des différents tissus dans les milieux sec et normal.

Tissus considérés.	Air sec.	Air normal.	
Écorce	0,5	0,7	
Sclérenchyme	0,7	0,4	Formé mais non sclérifié.
Liber	0,5	0;3	
Bois	1,2	0,6	
Moelle	3,6	7,6	

Quant à l'air humide, il a agi par rapport à l'air normal, en sens directement opposé à l'air sec.

Il a augmenté les dimensions de l'écorce et de la moelle, réduit l'élément de soutien et retardé la différenciation des divers tissus. Nous n'y trouvons pas trace de liège ni de sclérenchyme.

Pour la feuille, les résultats obtenus sont identiquement les mêmes que pour la fève précédemment décrite, nous n'y reviendrons donc pas.

Nous voyons en résumé, et sans insister davantage, que les transformations observées sur le Lupin se retrouvent en leur entier dans les autres plantes étudiées de la famille des Légumineuses.

SALICINÉES

Salix triandra.

Durée de l'expérience. — Du 1er août au 25 septembre.

MORPHOLOGIE EXTERNE

a. *Air normal.* — La longueur de la tige développée depuis la mise en expérience est de 14cm,5 ; elle présente 15 entre-nœuds ; toutes ses feuilles, d'un vert foncé, adhèrent à la tige depuis le premier entre-nœud à partir de la base.

b. *Air humide.* — La pousse dans ce milieu atteint des dimensions beaucoup plus grandes : elle a développé 17 centimètres répartis sur 9 entre-nœuds, naturellement moins rapprochés les uns des autres que dans l'air ordinaire. Les feuilles, molles au toucher, sont affaissées sur l'axe de la tige et présentent une couleur vert grisâtre ; leurs dimensions dépassent de beaucoup celles des mêmes organes développés dans l'air ordinaire, cet accroissement de dimensions se manifeste tout à la fois sur le limbe et le pétiole ainsi qu'on pourra s'en rendre compte par l'examen du tableau A.

c. *Air sec.* — La tige atteint ici 15 centimètres et a développé 17 entre-nœuds excessivement rapprochés les uns des autres. Cette grande production d'entre-nœuds et, par conséquent, de feuilles doit être attribuée, je crois, d'abord à ce fait que la plante transpirant énormément, a cherché à augmenter sa surface d'évaporation et correspond aussi à ce fait intéressant que les feuilles tombent de bonne heure ; ce milieu déterminant, nous le savons déjà, une chute des feuilles beaucoup plus précoce que dans le milieu normal. Signalons encore que les feuilles, moins longuement pétiolées que celles de l'air normal, nous offrent une sensation plus ferme et montrent une épaisseur plus grande.

Milieux.	Nombre de feuilles.	Longueur des feuilles.	Largeur des feuilles.	Nombre d'entre-nœuds.
Sec	17 dont six tombées = 11	5,8	1,4	18
Normal	9	6,2	1,7	10
Humide	8	7,0	2,2	9

MORPHOLOGIE INTERNE

Tige. — Les coupes faites à la même hauteur d'entre-nœuds comparables nous ont donné les caractères suivants.

a. *Milieu normal.* — Nous trouvons en allant de la périphérie vers le centre : un épiderme à cuticule assez épaisse, suivi par un certain nombre d'assises, constituant une écorce sans trace de collenchyme et dont les parois cellulaires ont toutes sensiblement la même épaisseur. Elles donnent un tissu assez serré dans lequel on aperçoit au voisinage du sclérenchyme quelques lacunes très aplaties dans le sens tangentiel.

Le sclérenchyme forme des paquets de cellules à parois épaissies et de forme polyédrique, plus petites que les cellules parenchymateuses qui les entourent et qui les séparent les unes des autres, mais dans les parois desquelles ne se manifeste encore aucune trace de lignification.

Le liber est écrasé, le bois présente des parois cellulaires peu épaissies dans lesquelles la lignification est peu accentuée, ses faisceaux ne prennent en effet, en présence du vert d'iode, qu'une coloration vert très clair tirant sur le jaune.

La moelle, formée de grands éléments à parois minces, ne présente rien de particulier, si ce n'est un début de lignification des cellules périphériques situées en face des faisceaux ligneux primaires.

b. *Milieu sec.* — L'épiderme se présente cette fois avec des cellules munies à leur extérieur d'une cuticule très épaisse ; en outre, la lumière de ces cellules est moindre que celle des échantillons normaux.

L'écorce qui lui fait suite débute par trois assises de col-

lenchyme et se continue par plusieurs assises d'un tissu très serré, très compact, dont tous les éléments cellulaires sont à parois fort épaisses. Il n'y a plus trace ici de ces lacunes que nous avons trouvées dans la zone interne des échantillons développés normalement.

Les arcs de sclérenchyme, dans un état de différenciation très avancée offrent des cellules dans les parois desquelles la lignification est très développée et qui ne présentent par conséquent qu'une lumière très réduite.

Le liber est complètement écrasé contre ces arcs scléreux, néanmoins il a un développement plus grand que précédemment.

Le bois très différencié se colore très vivement par le vert d'iode et ses vaisseaux ont des dimensions plus grandes que celles qui correspondent au milieu normal.

Les rayons médullaires ainsi que les cellules corticales sont bourrés d'amidon, alors que dans le milieu précédent on n'en apercevait que quelques grains très inégalement répartis.

La moelle est lignifiée dans toute la région périphérique, surtout en face des faisceaux ligneux primaires.

c. *Milieu humide.* — L'épiderme n'est pas cutinisé, on ne distingue pas de collenchyme dans l'écorce, et elle se traduit ici par une série d'assises de cellules dont les parois sont très minces, très lâchement unies entre elles et laissent de grandes lacunes de place en place.

Presque toutes ces cellules corticales sont encore en voie de division et coupées par des cloisonnements radiaux; ce fait nous prouve que l'écorce est ici à un état de développement beaucoup moins accentué que celle du milieu normal.

Le sclérenchyme commence à se différencier, mais il ne se manifeste encore que par un léger épaississement des parois sans trace de lignification, seules les dimensions des cellules qui composent les arcs permettent de les distinguer des cellules avoisinantes.

Le liber ne présente pas de particularités à signaler.

L'anneau de bois se signale par le peu d'épaisseur des parois de ses vaisseaux et par le fait qu'elles sont à peine imprégnées de lignine, donnant en présence du vert d'iode une coloration excessivement pâle.

La moelle est formée de grandes cellules à parois très minces et ne présente pas trace de lignification dans sa zone périphérique.

Le tableau suivant nous montre les dimensions respectives des différents tissus de la tige dans les trois milieux.

Tissus.	Air sec.	Air normal.	Air humide.
Écorce	0,7	0,6	9,0
Sclérenchyme	0,5	0,3	0,2
Liber	0,6	0,3	0,3
Bois	3,0	2,4	2,2
Moelle	6,3	7,0	8,1

Feuille. — 1° *Nervure médiane.* — L'épiderme inférieur qui, dans l'air normal, est légèrement cutinisé ne l'est presque plus dans l'air humide et présente, au contraire, une cuticule très marquée dans l'air sec ; ces cellules épidermiques offrent en outre dans ce dernier milieu des dimensions plus réduites que dans le milieu normal.

Le tissu parenchymateux qui vient après nous montre un développement moindre dans l'air sec, et plus grand dans l'air humide que dans l'air normal. Les méats que l'on y distingue dans les échantillons provenant de l'air ordinaire disparaissent chez ceux qui se sont développés dans l'air sec où ce tissu, d'ailleurs, est fort compact ; en revanche, ils s'élargissent énormément dans ceux qui ont poussé en présence d'un air saturé d'humidité, ils s'y transforment même parfois en de véritables lacunes d'origine izogène, à côté desquelles il y en a de grandes formées par résorption des parois cellulaires.

Le sclérenchyme constitue un anneau complet dans les échantillons du milieu sec, mais il n'existe pas dans les deux autres milieux.

Le liber qui, dans l'air humide, nous montre des cellules de forme normale, subit dans l'air ordinaire quelque écrasement de ses cellules qui deviennent complètement aplaties dans l'air sec.

L'appareil ligneux est remarquable par un développement beaucoup plus considérable dans le milieu sec que dans le milieu normal, il subit au contraire une réduction marquée dans le milieu humide; de plus, dans le premier de ces milieux, il enserre un îlot de tissu parenchymateux dont les cellules pressées de tous côtés par le grand développement du bois sont complètement écrasées; signalons de plus qu'elles commencent à lignifier leurs parois.

Rien de particulier à indiquer relativement à l'épiderme supérieur.

2° *Limbe.* — a. *Air normal.* — Les épidermes ne présentent pas de cuticule, le tissu en palissade est composé de deux rangées de cellules, une grande et l'autre plus petite; viennent ensuite trois rangées de tissu parenchymateux dont les lacunes ne sont ni grandes ni fréquentes.

b. *Air sec.* — Ici l'épiderme inférieur a une cuticule assez marquée. Deux assises de tissu en palissade à grands éléments lui font suite, mais ce qu'il y a de très important à signaler, c'est que le tissu lacuneux est remplacé par des assises de cellules très serrées les unes contre les autres, très allongées et rappelant à s'y méprendre le tissu en palissade; pas trace de lacunes dans ce tissu, qui en outre est très riche en cristaux d'oxalate de chaux.

c. *Air humide.* — Les épidermes n'ont pas de cuticule, on trouve une assise de tissu en palissade à grandes cellules suivie d'une autre sous-jacente à éléments très petits. Quant au tissu lacuneux, d'une épaisseur légèrement moindre que celui du milieu normal, il présente un très grand développement des lacunes, bien plus nombreuses que dans ce même milieu.

Ajoutons encore que l'épiderme inférieur des feuilles présente, dans le milieu sec, une bien plus grande quantité

de stomates très petits et des cellules de dimensions moindres que dans l'air normal. On compte environ soixante-douze stomates dans le champ du microscope pour le premier milieu, alors que sur la même surface on n'en compte qu'une quarantaine pour le second.

Dans le gaz humide, ce nombre va encore en décroissant, on n'en compte que vingt, mais de dimensions presque doubles et répartis au milieu de cellules plus grandes et à parois très sinueuses.

Populus nigra.

Durée de l'expérience. — Du 20 juillet au 26 août.

MORPHOLOGIE EXTERNE

Au moment de la fin de l'expérience, c'est-à-dire quand les échantillons sont recueillis, les pousses ont développé dans les trois milieux cinq entre-nœuds répartis sur : 5 centimètres dans l'air normal, 4 seulement dans le gaz desséché et $6^{cm},5$ dans l'atmosphère saturée d'humidité.

Comme on le voit par ces nombres, la longueur des entre-nœuds est fort différente suivant les milieux et les différences varient toujours dans le même sens, le milieu normal constituant un intermédiaire entre les deux autres.

Les tiges montrent des allures différentes ; très rigides dans l'air sec et dans l'air normal, elles s'affaissent en quelque sorte sur elles-mêmes dans l'air humide et ne présentent aucune résistance au toucher ; les mêmes caractères se remarquent chez les feuilles dont les dimensions varient en même temps que la longueur des pétioles, comme il est facile de s'en assurer à l'inspection de la figure 6.

Il convient de signaler que les sillons creusés dans la tige entre les saillies correspondant aux faisceaux foliaires, semblent plus accentués et plus profonds dans les échantillons

provenant de l'air humide; nous retrouverons ce caractère dans la morphologie interne. Dans l'air sec, au contraire, ils ont notablement diminué de profondeur, ce qui tient à l'accroissement beaucoup plus accentué de l'appareil li-

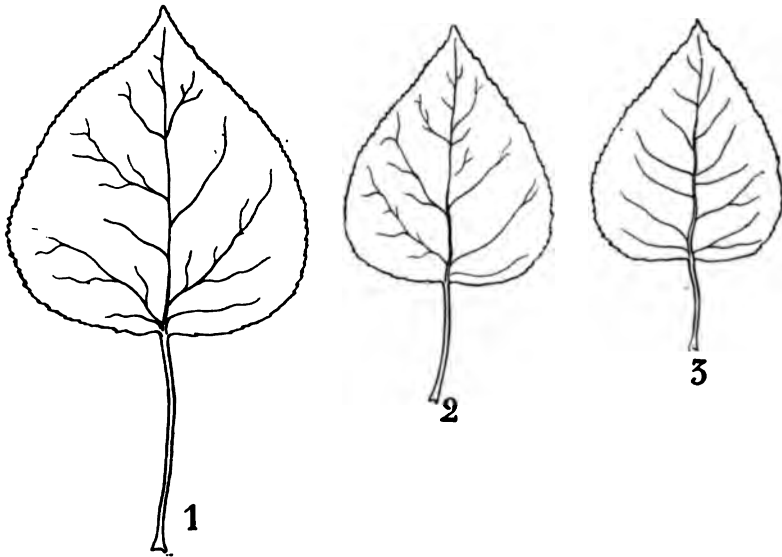


Fig. 6. — 1, feuille développée dans l'air humide; 2, feuille développée dans l'air normal; 3, feuille développée dans l'air sec.

gneux et accuse par conséquent un état de développement plus avancé.

Remarquons encore que la couleur verte des feuilles avait acquis, dans l'air sec, une intensité plus grande que dans l'air normal, alors qu'au contraire, dans l'air humide, cette couleur verte avait presque complètement disparu, et que presque toutes les feuilles, même la dernière formée, présentaient la couleur jaune verdâtre si caractéristique des éléments étiolés.

MORPHOLOGIE INTERNE

a. *Air normal.* — Les coupes ont été faites dans les tiges au milieu du troisième entre-nœud.

L'épiderme est recouvert d'une cuticule assez épaisse; une écorce absolument parenchymateuse lui fait suite, dont les cellules accusent des dimensions de plus en plus grandes à mesure que l'on s'éloigne de la périphérie pour aller vers le centre. La dernière de ses assises vient buter contre des arcs de sclérenchyme, se touchant les uns les autres et formant un anneau complet, mais ils ne sont distincts que par la forme de leurs cellules, leurs parois légèrement épaissies étant encore cellulosiques et ne contenant point trace de lignine.

Le bois nous montre quelques vaisseaux seulement différenciés dans le méristème et présentant des parois se colorant en présence du vert d'iode ; ils sont séparés les uns des autres par du tissu parenchymateux.

La moelle dans laquelle on peut reconnaître deux sortes de cellules, des grandes et des petites, a un diamètre correspondant à quinze divisions micrométriques.

b. *Air sec.* — La coupe présente ici la même forme que dans le milieu précédent, c'est-à-dire celle d'une étoile à cinq branches, mais il convient de remarquer que les découpures sont moins accentuées qu'elles ne le sont en milieu normal, comme le montre la figure 7.

L'épiderme a des cellules plus petites portant, sur leur paroi externe, une cuticule très épaisse. Les quatre assises qui lui font suite sont nettement collenchymateuses avec un épaississement cellulosique de leurs parois, très accentué et l'écorce se continue par un certain nombre d'assises de cellules à parois minces, très serrées les unes contre les autres. La dernière est en contact avec des arcs de fibres péricycliques formant un anneau épais et compact qui vient singulièrement renforcer la ténacité de la tige et dans lequel la sclérification est si accentuée que la lumière des cellules est très réduite ; la coloration en présence du vert d'iode est très intense.

Le liber et l'assise génératrice libéro-ligneuse n'offrent pas de particularités à signaler. Mais le bois nous montre

un développement beaucoup plus grand que dans le milieu précédent (fig. 5), il forme dans la tige un anneau

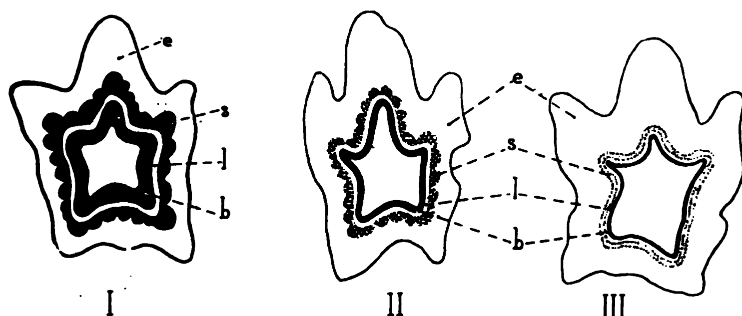


Fig. 7. — Schéma permettant de comparer le développement relatif des tissus dans les trois milieux. — I, air sec; II, air normal; III, air humide; *e*, écorce; *s*, sclérenchyme; *l*, liber; *b*, bois; *m*, moelle.

complet, plus épais dans les endroits correspondant aux saillies signalées plus haut dans la coupe.

En outre, les vaisseaux du bois ont un diamètre plus large que ceux de l'air normal. Ce fait est d'accord avec les expériences de M. Gaston Bonnier relatives à ses recherches au sujet de l'influence du climat méditerranéen sur la structure des végétaux : le fait également signalé par M. Russel et qui se trouve reproduit, au cours de mes recherches, montre bien que, par tous les moyens possibles, la plante s'arme pour la transpiration.

La moelle à cellules de dimensions sensiblement égales, atteint, dans son plus grand diamètre, dix divisions micrométriques, et nous montre une zone périmédullaire complètement lignifiée sur quatre de ses assises.

c. *Milieu humide.* — Il faut noter tout d'abord que les découpures de la tige sont beaucoup plus accentuées que dans le milieu normal. Les cellules de l'épiderme s'allongent légèrement dans le sens tangentiel, et par rapport à l'air normal on peut signaler une notable réduction dans l'épaisseur de la cuticule.

Toutes les cellules de l'écorce sont à parois très minces

et nous n'avons pas du tout ici d'assises collenchymateuses. Les arcs scléreux péricycliques bien moins développés en épaisseur que ceux des échantillons normaux sont séparés par d'assez larges intervalles de tissu parenchymateux.

Les parois cellulaires des éléments de ces arcs scléreux n'ont pas encore subi la moindre modification au point de vue de leur constitution chimique. Quant à l'anneau ligneux, également moins développé qu'à l'air normal, il est constitué par quelques vaisseaux à parois très minces.

La moelle, uniquement composée de grandes cellules à parois minces, a un diamètre correspondant à dix-sept divisions micrométriques.

Le tableau suivant met en évidence les différences d'épaisseur des tissus développés dans l'air sec et dans l'air normal.

Milieux.	Écorce.	Sclérench.	Liber.	Bois.	Moelle.
Air normal	1,3	non différencié	0,5	0,4	10
Air sec...........	0,7	0,5	0,7	1,3	7

Feuille. — La feuille nous présente également des différences assez sensibles suivant les milieux auxquels on s'adresse. Tandis qu'elle accroît l'épaisseur de son limbe dans l'air sec, elle le réduit notablement dans l'air humide, l'épaisseur qu'elle a dans l'air normal étant prise, ainsi que nous l'avons fait précédemment, comme terme de comparaison ; cette augmentation ou cette réduction porte principalement sur le tissu en palissade.

Des différences importantes existent également dans le ssu lacuneux qui, dans l'air sec, change de caractère, diminue la dimension et le nombre de ses lacunes et tend à allonger radialement ses cellules, alors qu'au contraire 'air humide accroît les dimensions des lacunes et leur nombre.

Enfin, sous l'influence de la sécheresse de l'air, l'épiderme inférieur des feuilles réduit les dimensions de ses cellules, atténue les sinuosités de leurs parois et multiplie le nombre de ses stomates, tandis que dans l'air saturé

d'humidité il agit en sens contraire : ses cellules sont en effet plus grandes. Elles ont des parois beaucoup plus sinueuses que dans l'air normal et le nombre des stomates est beaucoup moindre que dans ce dernier milieu.

En résumé, nous voyons donc que chez le *Salix triandra*, comme chez le *Populus nigra*, l'air sec par rapport à l'air normal a eu pour résultat :

De restreindre le développement de la pousse en même temps qu'elle augmentait sa résistance ;

De diminuer la surface foliaire et la longueur des pétioles ;

De réduire la longueur des entre-nœuds et d'accroître leur nombre ;

Dans la tige, de rapetisser les cellules de l'épiderme ;

D'amoindrir l'épaisseur de l'écorce et le diamètre de la moelle, tout en rendant ces tissus plus compacts ;

De hâter la différenciation du sclérenchyme, le fonctionnement de l'assise génératrice libéro-ligneuse ;

De produire un plus grand développement du bois ;

Dans les feuilles, de diminuer les dimensions des cellules épidermiques et d'augmenter l'épaisseur de la cuticule ;

D'accroître le tissu en palissade au détriment du tissu lacuneux ;

De diminuer le nombre des lacunes de ce dernier tissu et de le rendre plus homogène ;

D'augmenter le nombre des stomates.

L'air humide, au contraire, a entraîné :

L'augmentation de la croissance de la pousse en hauteur en même temps qu'une diminution de la résistance ;

L'allongement des entre-nœuds et des pétioles ;

La réduction du nombre des entre-nœuds ;

Le développement plus grand de la surface foliaire ;

La diminution d'épaisseur du limbe et la réduction de l'intensité de sa coloration ;

Dans la tige, l'augmentation du diamètre des cellules

épidermiques et la réduction d'épaisseur de la cuticule ;

Un plus grand développement de l'écorce et de la moelle, avec production dans ces tissus de nombreuses lacunes ;

Un retard dans la formation des éléments de soutien et dans la différenciation des éléments ligneux.

Dans les feuilles, l'accroissement des dimensions des cellules épidermiques et des sinuosités de leurs parois ;

La réduction du nombre des stomates ;

L'amincissement de la cuticule quand elle existe ;

Un développement moindre du tissu en palissade dans lequel ont apparu de grandes lacunes et enfin, l'exagération des caractères distinctifs du tissu lacuneux.

ROSACÉES

Cotoneaster buxifolia.

MORPHOLOGIE INTERNE

Tige. — Les coupes faites dans la tige développée normalement nous montrent un épiderme muni d'une cuticule nette. Deux assises de collenchyme lui font suite, puis vient la zone corticale interne, composée de six assises de cellules unies entre elles de façon assez lâche, c'est-à-dire séparées par de grands méats ; parfois même, de loin en loin on y rencontre de véritables lacunes d'origine izogène.

La dernière assise est en contact avec les arcs scléreux du péricycle ; les cellules de ce dernier, bien lignifiées dans le pourtour des masses de sclérenchyme, ne sont encore dans le centre qu'au début de leur différenciation, et la lumière des cellules, même les plus externes, est grande.

Dans l'anneau de liber, on distingue encore facilement les paquets de liber primaire sous les arcs scléreux que séparent les grandes cellules parenchymateuses des rayons médullaires.

L'assise génératrice en plein fonctionnement laisse, entre

elle et l'anneau de bois secondaire, un certain nombre d'assises de cellules ligneuses dans les parois desquelles la lignification n'est qu'à son début, ainsi qu'en témoigne la faible coloration qu'elle prend en présence du vert d'iode.

Les faisceaux du bois primaire sont noyés dans une masse de cellules parenchymateuses de petites dimensions, en contact avec la zone périmédullaire à cellules polygonales lignifiées. La moelle nous présente de grandes cellules également lignifiées, circonscrivant quelques petits méats.

Dimensions relatives des différents tissus :

Milieu.	Écorce.	Sclérenchyme.	Liber.	Bois.	Moelle.
Normal.....	1,0	0,5	0,5	1,7	6,6

a. *Air sec.* — Dans les échantillons développés à l'air sec, les mêmes éléments se retrouvent, mais avec des modifications dans le sens de l'accentuation des caractères.

L'épiderme est en effet muni d'une cuticule plus épaisse et fortement cutinisée, et, en outre, nous y voyons de nombreux cloisonnements tangentiels établissant un périderme épidermique très net. L'écorce nous offre une épaisseur moindre. Le collenchyme est plus accentué et comprend trois assises de cellules.

L'écorce présente une homogénéité beaucoup plus grande, les cellules y sont plus petites, ne laissent entre elles que très peu de méats, et beaucoup d'entre elles, en voie de division, présentent des cloisonnements radiaux.

Les arcs du sclérenchyme, plus développés que précédemment, ont leurs fibres bien plus différenciées : les parois cellulaires sont très épaisses et ne laissent plus entre elles qu'une assez faible lumière.

L'anneau libéro-ligneux, continu, offre quelques particularités intéressantes : le liber et l'assise génératrice ont des dimensions plus réduites que sur les échantillons normaux ; le bois est plus développé, les formations secondaires y sont très avancées. Les vaisseaux, beaucoup plus nombreux,

ont un diamètre plus faible et présentent une lignification plus accentuée.

Les vaisseaux du bois primaire sont isolés dans du parenchyme à parois minces, tandis que tout le bois secondaire forme un anneau complet de vaisseaux et de fibres régulièrement alignés ; les rayons médullaires ont leurs cellules lignifiées.

La moelle, a un moindre diamètre que dans les échantillons normaux, les zones périmédullaires et médullaires sont entièrement lignifiées. Les cellules polygonales de la moelle sont intimement unies entre elles, sans aucun méat.

Les dimensions relatives des différents tissus sont indiquées dans le tableau suivant :

Milieu.	Écorce.	Sclérenchyme.	Liber.	Bois.	Moelle.
Air sec.....	0,8	0,9	0,6	2,5	5,0

Les schémas de la figure 8 permettent de comparer le développement des différents tissus dans les trois milieux.

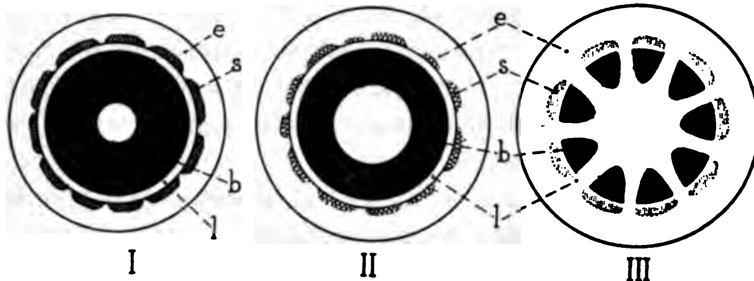


Fig. 8. — I, section de la tige développée à l'air sec ; II, section de la tige développée à l'air normal ; III, section de la tige développée à l'air humide ; *e*, écorce ; *s*, sclérenchyme ; *l*, liber ; *b*, bois ; *m*, moelle.

b. *Air humide*. — Enfin, les tiges qui se sont développées à l'air saturé d'humidité présentent, dans tous leurs tissus, une différenciation bien moindre que les échantillons du milieu normal.

On y trouve un épiderme à cuticule très faible, à peine apparente surmontant deux assises de collenchyme ; la zone corticale interne, formée de grandes cellules à parois

minces, allongées dans le sens tangentiel, a un diamètre plus grand que celle des tiges normales. Ses cellules laissent entre elles de grands méats, et même de grandes lacunes ; on y trouve fréquemment aussi des décollements répartis sur une grande longueur de certaines assises superposées.

Le péricycle montre quelques paquets de fibres dans lesquelles la sclérification est pour ainsi dire nulle, les parois, légèrement épaissies, se teintant à peine sous l'action du vert d'iode.

En ce qui concerne la zone libéro-ligneuse, on remarque comme pour le sclérenchyme, une lignification à peine sensible aux réactifs; les vaisseaux primaires, repoussés contre la moelle, sont très nets et à large ouverture.

La moelle a un diamètre plus grand que dans le milieu normal, ses cellules plus grandes aussi n'offrent nulle part trace de lignification.

Les dimensions relatives des tissus sont :

Milieu.	Écorce.	Sclérenchyme.	Liber.	Bois.	Moelle.
Air humide....	1,8	0,3	0,4	0,9	7,8

La feuille normale possède deux assises palissadiques : une grande et une petite, dans la région qui avoisine la nervure médiane ; on n'en trouve qu'une seule dans le reste du limbe. Le tissu lacuneux est d'ailleurs bien développé.

Dans la feuille provenant du milieu sec, le tissu palissadique est plus développé : on en voit partout deux assises; ses cellules sont plus serrées et de dimensions radiales plus grandes. Ceci, au détriment du tissu lacuneux, très réduit.

L'air humide a donc eu pour influence de diminuer l'importance du tissu en palissade et de le rendre beaucoup plus lâche ; en revanche, le tissu lacuneux prend un développement plus grand, accentue ses caractères en se creusant de lacunes plus grandes que les lacunes normales.

(1) Eberhardt, *loc. cit.*

Spiræa Lindleyana.

Durée de l'expérience. — Du 10 mai au 10 août.

MORPHOLOGIE EXTERNE

Au moment de la récolte, les échantillons présentaient de grandes différences externes :

1° Tout d'abord, pendant la durée de l'expérience, l'allongement de la branche en observation a été :

	Centimètres.
Dans l'air normal	32
— air sec	29
— air humide	40

2° Les dimensions des entre-nœuds ont été exagérées dans l'air humide réduites au contraire dans l'air sec.

3° Toutes les feuilles étaient solidement attachées à la tige dans les milieux normal et humide, mais un certain nombre d'entre elles (cinq) faisaient défaut dans les échantillons développés à l'air sec; celui-ci a donc manifestement provoqué la déhiscence de ces organes; notons, en passant, que ceux-ci présentent une épaisseur plus grande dans ce dernier milieu, en même temps qu'un aspect plus rigide que dans le milieu normal, alors que dans l'air humide, ils étaient affaissés le long de la tige et donnaient au toucher et à la vue, une impression de mollesse absolue.

Le tableau suivant permettra de comparer la longueur des pétioles dans les trois milieux :

	Air normal. — Pétiole.	Air sec. — Pétiole.	Air humide. — Pétiole.
1re feuille..............	3,5	»	4,7
2e —	3,5	»	4.6
3e —	3,5	»	4,6
4e —	3,5	»	4,4
5e —	3,0	»	4,1
6e —	2,7	2,2	3,9
7e —	2,5	2,0	3,9
8e —	2,4	1,9	3,7
9e —	2,0	1,6	3,2
10e —	1,8	1,4	2,7
11e —	1,6	1,2	2,4
12e —	1,5	0,8	2,3
13e —	1,3	0,6	2,1
14e —	1,1	0,4	2,0
15e —	1,0	0,2	2,0
16e —	0,6	0,2	1,2

Signalons encore la différence de coloration des feuilles: Elle est très intense dans les milieux sec et normal et très faible dans le milieu humide.

Les stipules elles-mêmes ont des dimensions notablement différentes, ainsi que le montre le tableau suivant, pour les cinq premières feuilles à partir de la base :

Nº d'ordre des feuilles.	Air normal.	Air sec.	Air humide.
1re feuille................	1,2	Tombées.	1,9
2e —	1.0	—	1,7
3e —	0,7	—	1,7
4e —	0,6	0,2	1,4
5e —	0,5	0,2	1,0

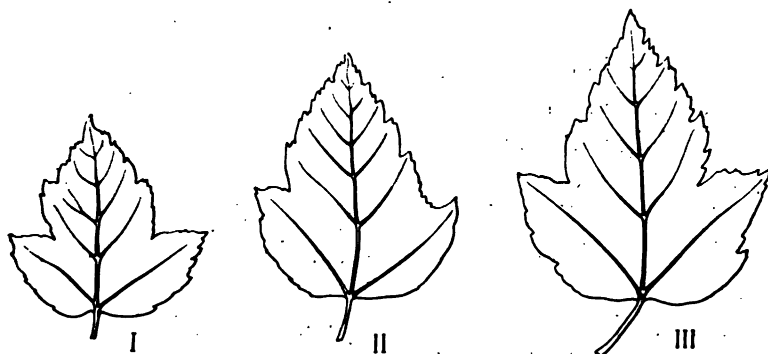


Fig. 9. — I, feuille développée à l'air sec; II, feuille développée à l'air normal; III, feuille développée à l'air humide.

MORPHOLOGIE INTERNE

a. *Air normal.* — L'épiderme a des cellules étroites, légèrement allongées dans le sens radial. Les cellules de l'écorce, à parois minces, sont aplaties tangentiellement.

Le sclérenchyme, bien différencié, se présente sous forme d'arcs distincts, se rapprochant les uns aux autres par leurs extrémités qui sont séparées souvent par deux ou trois assises de tissu parenchymateux.

Dans l'assise externe du péricycle, se sont développées quatre assises subéro-phellodermiques, dont deux sont subérifiées.

Le liber n'a pas ses cellules déformées. Quant à l'anneau ligneux, il nous montre un certain nombre de vaisseaux, répartis dans une masse de sclérenchyme assez volumineuse; les vaisseaux primaires sont noyés dans une plage de tissu parenchymateux à cellules petites.

La zone périmédullaire est à cellules lignifiées, et les cellules mêmes de la moelle présentent des parois où la lignification s'accuse assez nette.

b. *Air sec.* — L'air sec a accentué ici l'épaisseur des parois externes de l'épiderme, et la cuticule y est plus importante que dans l'air normal; la paroi externe des cellules épidermiques est en outre cutinisée.

L'écorce a des éléments à parois épaisses et qui vont en grandissant de la périphérie vers le centre.

Le sclérenchyme se dessine encore sous forme d'arcs, mais ils se rejoignent par leurs extrémités et forment ainsi un anneau sinueux et complet. Les cellules de ces arcs ont une lumière très petite, si on la compare à l'épaisseur de leurs parois, qui est beaucoup plus grande que celles de l'air normal.

Dans l'assise externe du péricycle, s'est développée une assise subéro-phellodermique dont le fonctionnement est déjà très avancé.

L'anneau ligneux, bien homogène, est constitué par des éléments très serrés, possédant des parois fort épaisses et entièrement lignifiées. On y trouve des vaisseaux en nombre bien plus grand que dans l'air normal.

Les vaisseaux primaires viennent s'écraser dans les cellules de la zone périmédullaire, très petites et fortement lignifiées, ainsi d'ailleurs que toutes les cellules de la moelle.

Nous avons consigné, dans le tableau suivant, les dimensions des différents tissus des coupes que nous venons de décrire :

	Air normal.	Air sec.
Écorce	1,0	0,8
Sclérenchyme	0,9	1,3
Assise subéro-phellodermique	0.2	0,4
Liber	0,7	0,6
Bois	1,6	2,2
Zone périmédullaire	0,5	0,7

Ce qui nous permet encore de constater que l'air sec, par rapport à l'air normal, a :

Diminué le rayon de l'écorce;

Augmenté la production du sclérenchyme ;

Provoqué l'apparition et le développement plus rapide d'une assise subéro-phellodermique dans la région externe du péricycle ;

Augmenté le développement du bois et de tous les éléments de soutien.

De son côté, l'air humide a agi dans le sens exactement contraire, il a :

Augmenté le rayon de l'écorce ;

Diminué la production du sclérenchyme ;

Empêché l'apparition du liège ;

Considérablement réduit la différenciation de l'élément ligneux.

LABIÉES

Coleus Blumei.

La durée de l'expérience faite sur ces plantes a été de deux mois et demi, placées dans les cloches en des milieux différents le 22 mai, elles s'y sont développées et ont été retirées le 14 août. Elles présentaient alors entre elles un certain nombre de caractères différentiels :

Les plantes développées dans l'air sec ont une hauteur moindre que celles qui ont poussé dans l'air normal, elles ont des feuilles plus petites, mais dans lesquelles la pigmentation est bien plus prononcée, les diverses couleurs qui font leur ornementation (rouge, jaune, vert) sont beaucoup plus vives. Elles sont plus épaisses, et le port général de la plante est plus ferme. Les entre-nœuds y sont en plus grand nombre; dans presque tous les échantillons on en compte deux de plus; enfin, beaucoup des feuilles de la base sont tombées.

Pour les plantes développées dans l'air humide, on constate, au contraire, une augmentation de la surface des feuilles ainsi que de leur épaisseur et en même temps une diminution considérable dans l'intensité de leur coloration, toutes les couleurs si riches des échantillons normaux, et dont l'éclat est rehaussé encore dans les plantes de l'air sec, sont devenues pâles et faibles.

La hauteur des plantes est plus grande, les pousses ont atteint :

	Centimètres.
Air sec	13
Air normal	18
Air humide	21

Le nombre des entre-nœuds est le même que dans les plantes normales; deux échantillons ont bien présenté un entre-nœud de moins, mais comme le sommet de la pousse

avait été entamé par les chenilles, nous ne pouvons en tenir compte. Aucune des feuilles n'est tombée.

MORPHOLOGIE INTERNE

a. *Air normal.* — L'épiderme présente une cuticule de peu d'épaisseur, à la suite de laquelle se rangent un certain nombre d'assises à parois épaissies; l'écorce interne est formée de grandes cellules allongées et radialement cloisonnées.

Au-dessus du liber, se trouvent de petits paquets de sclérenchyme dont les cellules ont des lumières très étroites.

Les faisceaux libéro-ligneux forment quatre masses importantes aux quatre angles des coupes. Ils sont réunis par une assise génératrice dont le fonctionnement est assez avancé, et dans l'intervalle de deux faisceaux consécutifs, nous avons constaté l'existence de deux ou trois autres petits faisceaux.

Dans tous ces faisceaux d'ailleurs, les vaisseaux sont peu nombreux.

b. *Air sec.* — Dans l'air sec, l'écorce a un rayon bien moindre, l'épiderme à cuticule épaisse surmonte six ou sept assises de liège dont nous n'avons pas trouvé trace dans les coupes correspondant à l'air normal.

La zone corticale interne a ses cellules complètement écrasées.

Les arcs de sclérenchyme que l'on trouve au-dessus des faisceaux libéro-ligneux sont plus importants à la fois comme nombre de cellules et comme dimensions; la lignification y est également plus accusée.

Non seulement les faisceaux libéro-ligneux sont de plus grandes dimensions, mais les vaisseaux y sont beaucoup plus nombreux.

Enfin l'assise génératrice ayant fonctionné beaucoup plus activement, ces faisceaux sont complètement réunis les uns aux autres par des formations ligneuses ayant déter-

miné un véritable anneau d'une épaisseur de six ou sept cellules.

c. *Air humide.* — Les coupes faites dans les plantes provenant de l'air humide nous offrent d'une façon générale une bien moins grande différenciation des tissus quels qu'ils soient.

L'écorce et la moelle y ont plus d'importance, les cellules y sont plus grandes. Mais l'on y rencontre une réduction considérable de l'élément de soutien et de l'élément conducteur.

Les vaisseaux, moins lignifiés, y sont aussi moins nombreux, mais ils présentent une lumière plus large. Les faisceaux libéro-ligneux sont isolés les uns des autres par de larges espaces de tissu parenchymateux, et les faisceaux intermédiaires sont moins nombreux que dans l'air normal.

Le tableau suivant met en évidence les dimensions des tissus de la tige des Coleus, développés dans les différents milieux.

Tissus considérés.	Air sec.	Air normal.	Air humide.
Écorce.................	1,2	2,0	2,4
Sclérenchyme..........	0,6	0,4	0,2
Liber..................	1,0	0,7	0,6
Bois...................	7,0	6,0	3,9
Moelle.................	14,0	18,0	19,0

Ces dimensions sont prises sur un des faisceaux principaux.

La feuille nous montre, elle aussi, des différences dans le même sens par rapport aux nervures. Le mésophylle possède un tissu en palissade plus accentué dans l'air sec alors qu'au contraire il subit une réduction dans l'air humide, et que le tissu lacuneux y accentue son importance et ses caractères.

Tandis que l'on observe un nombre de stomates plus grand sur l'épiderme du milieu sec, en même temps que leurs dimensions se réduisent, c'est l'inverse qui se produit dans le milieu humide.

EUPHORBIACÉES

Ricinus communis.

MORPHOLOGIE EXTERNE

Deux sortes d'expériences furent tentées sur cette espèce. Une première s'adressa à des plantes prises à partir de la graine et développant tout leur appareil végétatif, dès le début de son apparition, dans les milieux sec, normal ou humide.

On put aisément constater qu'au bout de peu de temps, à partir du moment où la germination eut commencé, les plantes placées dans le milieu humide prenaient une avance marquée sur les deux autres. L'axe hypocotylé s'allongea rapidement, en même temps que les cotylédons s'élargissaient énormément tout en prenant rapidement (au bout de quelques jours) une teinte vert jaunâtre dont l'intensité alla en diminuant de plus en plus.

Les entre-nœuds prirent un grand développement et les premières feuilles firent leur apparition bien avant celles des plantes placées dans le milieu normal.

Les échantillons qui se développèrent à l'air sec au contraire présentèrent une réduction notable de la longueur de l'axe hypocotylé et des entre-nœuds, une diminution de la surface foliaire (fig. 10), la coloration des feuilles était beaucoup plus foncée que normalement, et, tandis que dans les milieux normal et humide leur pétiole décrivait avec la tige un angle presque droit, elles avaient tendance à se rabattre le long de l'axe qui les soutenait.

Les racines, plus développées dans les plantes provenant de l'air desséché, l'étaient moins dans celles dont l'appareil aérien avait grandi dans l'air saturé d'humidité.

Il faut signaler encore, ici, l'influence de l'air, soit sec, soit humide, sur la production des glandes que l'on trouve

chez ces plantes, répandues sur les feuilles et les pétioles. Très volumineuses comme on sait, chez les plantes normales, ces glandes restreignent leurs dimensions dans l'air desséché, mais elles sont en plus grand nombre. Dans le milieu humide, elles sont également plus nombreuses que dans l'air normal.

Au moment où les échantillons furent recueillis, c'est-à-dire cinq semaines après leur mise en expérience, ceux du

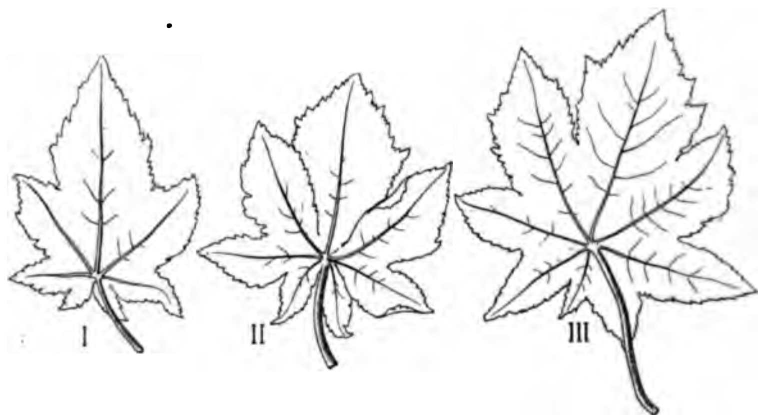


Fig. 10. — I, feuille développée à l'air sec; II, feuille développée à l'air normal; III, feuille développée à l'air humide.

milieu normal avaient leurs cotylédons en place et ils présentaient au-dessus quatre feuilles bien développées.

Ceux du milieu sec avaient perdu leurs cotylédons depuis un certain temps déjà, on y comptait quatre feuilles, les premières bien développées mais les secondes très en retard sur celles du milieu normal.

Enfin les plantes provenant de l'air saturé d'humidité avaient conservé leurs cotylédons et possédaient 4 feuilles larges et bien étalées.

On trouvera les dimensions comparées des différentes parties de ces germinations dans le tableau ci-dessous :

Parties du végétal considérées.	Air sec.	Air normal.	Air humide.
Hauteur totale de la plante......	9,1	11,5	16,4
Cotylédons.....................	5,0	6,5	7,8
Pétiole des cotylédons..........	2,4	3,5	5,1
Premières feuilles..............	3,2	6,0	9,5
Pétiole de la première feuille....	2,7	2,5	4,0
Deuxièmes feuilles..............	1,3	3,2	7,0
Pétiole de la deuxième feuille...	0,4	2,8	4,2
Axe hypocotylé.................	8,0	9,0	13,4
Tige..........................	1,1	2,0	3,1

Une deuxième série d'expériences s'adressa à des germinations déjà avancées et choisies au moment de la mise en expérience de la façon qui a été décrite plus haut, c'est-à-dire prises aussi semblables que possible dans un lot obtenu lui-même à la suite de sélections successives. Placées dans des cloches remplies d'air soit sec, soit humide, elles y ont évolué pendant trois mois.

Les différences dans leur morphologie externe sont les mêmes que précédemment :

Pour l'air humide : développement exagéré de la tige et de la surface foliaire, mais diminution de la chlorophylle ; les feuilles, plus larges que dans les autres milieux, sont d'un vert très pâle, presque jaunes et très molles au toucher.

Les cotylédons existent encore et les glandes sont moins nombreuses que dans les autres échantillons ; le système radiculaire nous montre la racine principale bien développée, mais le nombre des radicelles très réduit.

Dans l'air sec : il faut signaler, par rapport aux plantes normales, l'absence des cotylédons dont la chute a eu lieu un mois après la mise en expérience ; la diminution de la surface foliaire, l'augmentation des glandes réparties sur les feuilles et les pétioles. Les feuilles plus petites sont d'un vert plus foncé et plus ferme.

Les radicelles sont beaucoup plus abondantes et la racine principale présente un diamètre sensiblement égal à la racine normale.

La longueur du pétiole des premières feuilles est de :

	Centimètres.
Air sec	5,9
Air normal	7,0
Air humide	9,1

MORPHOLOGIE INTERNE

Tige. — a. *Air normal.* — Épiderme à cuticule mince huit assises de collenchyme, cinq parenchymateuses. Les faisceaux libéro-ligneux primaires sont nettement séparés par de larges espaces parenchymateux où l'assise génératrice commence à fonctionner. Les cellules de la moelle, toutes semblables, sont à parois minces.

b. *Air sec.* — L'épiderme a des cellules plus petites et présente une cuticule plus marquée, l'épaississement du collenchyme qui se borne à sept assises de cellules est plus accentué. On trouve ensuite trois assises compactes de cellules parenchymateuses, puis une zone de cellules écrasées à laquelle succède une assise formée de grands éléments.

Le rayon de l'écorce est moindre que celui des plantes normales.

Les faisceaux libéro-ligneux sont plus nombreux, le liber ne présente rien de spécial, mais l'assise génératrice est à un état avancé de fonctionnement : les faisceaux primaires du bois sont noyés dans les formations secondaires, nettement différenciées sur six assises. La moelle, à structure très homogène, présente une grande lacune centrale.

c. *Air humide.* — L'épiderme sans cuticule a ses cellules légèrement allongées dans le sens radial et précède une assise sous-épidermique à grandes cellules.

Viennent ensuite quatre assises de collenchyme seulement, puis six à sept de grands éléments parenchymateux lâchement unis, et qui laissent entre eux de vastes méats.

Les faisceaux libéro-ligneux primaires sont nettement séparés les uns des autres par de larges rayons médullaires, dans lesquels on n'aperçoit aucune trace de sclérification;

l'assise génératrice commence seulement à s'indiquer par quelques cloisonnements tangentiels dans les cellules.

Les vaisseaux du bois sont d'un diamètre plus grand que ceux de l'air normal, mais ils sont moins nombreux. Il n'y a pas de formations secondaires. La moelle est formée de grandes cellules à parois très minces.

Les dimensions des divers tissus dans les trois milieux sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Différents tissus.	Air sec.	Air normal.	Air humide.
Écorce	1,4	2,5	3,0
Liber et assise génératrice	0,3	0,5	0,4
Sclérenchyme	0,5	»	»
Bois	2,2	0,8	0,6
Moelle	20,0	24,0	26,0

Axe hypocotylé. — a. *Air normal.* — L'épiderme, à cuticule mince, est formé de petites cellules serrées et allongées dans le sens radial. Viennent ensuite quatre assises de collenchyme auxquelles font suite sept assises de cellules parenchymateuses dont le diamètre va en grandissant à mesure que l'on s'éloigne de la périphérie de la coupe.

Après ces assises, on trouve des arcs de sclérenchyme péricyclique avec cellules à parois épaissies, mais à peine sensibles aux réactifs de la lignine.

Le liber a conservé la forme primitive de ses cellules.

L'assise génératrice, en plein fonctionnement, a donné naissance à cinq assises de bois secondaire dans lesquelles on compte peu de vaisseaux et dont la continuité est interrompue par de larges rayons médullaires.

Le bois primaire, rejeté vers la moelle, est noyé dans une masse de tissu parenchymateux à petites cellules, ses vaisseaux ont conservé leur forme et leurs dimensions, sans avoir subi aucun écrasement.

La zone périmédullaire ne présente pas trace de lignification et la moelle, à grands éléments, laisse au centre une lacune assez notable provenant de la résorption des cellules.

b. *Air sec.* — L'épiderme ne présente pas de différences

sensibles avec celui du milieu précédent, mais l'assise sous-épidermique est constituée par de grandes cellules et le collenchyme est plus important quant au nombre des assises.

L'écorce proprement dite, parenchymateuse, à éléments très serrés, laissant entre eux peu de méats, nous montre ici, dans la zone moyenne, une région totalement écrasée dénotant un état de différenciation plus avancé que celui que nous avons trouvé dans les échantillons normaux.

Les arcs de sclérenchyme ont un développement plus accentué que précédemment et les parois très épaisses des fibres péricycliques sè colorent de façon très intense en présence du vert d'iode. Le liber vient écraser contre eux ses cellules. Les formations secondaires libéro-ligneuses sont plus accentuées ici, et le nombre des vaisseaux a augmenté ainsi que leurs dimensions.

A l'extrémité et autour des vaisseaux primaires dont les plus externes sont écrasés, les cellules parenchymateuses offrent des traces de lignification. La moelle est à cellules plus serrées et ne présente pas de lacune en son milieu.

c. *Air humide.* — L'épiderme est à grandes cellules radialement allongées, le tissu cortical est plus développé que dans l'air normal, mais plus lâche et l'on n'y aperçoit pas de formations scléreuses.

L'assise libéro-ligneuse est au début de son fonctionnement, et il n'y a pas encore de formations secondaires. Les faisceaux de bois primaire renferment des vaisseaux de faible diamètre.

La moelle est formée de grandes cellules à parois très minces, sans aucun épaississement, même cellulosique, dans la région périmédullaire.

Pétiole. — Nous retrouvons, à peu de choses près dans le pétiole, les mêmes différences d'un milieu à l'autre, déjà signalées à propos de la tige.

Notons cependant que la différenciation des tissus secondaires est plus marquée encore ici, dans les échantillons

provenant de l'air sec, le collenchyme est également beaucoup plus développé que dans les pétioles qui ont poussé dans les conditions normales.

L'écorce très serrée et homogène dans le milieu sec, l'est moins dans l'air normal et devient franchement lacuneuse dans le milieu humide; il en est de même pour la moelle.

Limbe. — Le limbe présente des modifications importantes :

Dans l'air sec, les feuilles plus vertes, plus épaisses et plus petites, nous montrent un tissu palissadique plus développé; le tissu lacuneux, moins important, est plus pauvre en lacunes et présente des cellules à forme moins ronde. Le nombre des stomates est accru.

Dans l'air humide, les feuilles plus minces, plus pâles, et plus grandes, ont moins de stomates par unité de surface; elles diminuent leur tissu palissadique et augmentent les lacunes de leur tissu lacuneux dont les cellules sont plus arrondies.

L'arc scléreux de la nervure médiane, ainsi que les cordons de sclérenchyme marginal, plus développés dans l'air sec que dans l'air normal, sont très réduits dans l'air humide.

COMPOSÉES

Aster sinensis.

MORPHOLOGIE EXTERNE

Tous les sujets, qui provenaient de semis, ont fleuri dans l'air sec. Au moment où je les ai recueillis ils étaient en boutons dans l'air normal et deux fleurs seulement s'étaient épanouies sur dix plantes en expérience; toutes celles qui se sont développées à l'air humide montraient des boutons floraux en nombre moindre et dans un état beaucoup moins avancé que dans les autres milieux.

Dans l'air sec, on constate en outre que les feuilles, de dimensions plus petites que normalement, ont une coloration verte plus accentuée; leur limbe est à sillons plus profonds et leur chute a été plus précoce.

L'air humide a agi en sens contraire de l'air sec, les feuilles plus pâles que dans l'air normal, ont un limbe à découpures moins accentuées et à surface plus grande.

Les entre-nœuds sont en même nombre dans les trois milieux, mais leurs dimensions plus réduites dans l'air sec, sont en revanche augmentées dans l'air humide. Il faut de plus signaler dans ce dernier la plus grande abondance de rameaux secondaires.

MORPHOLOGIE INTERNE

Les coupes faites à la même hauteur dans des entre-nœuds comparables nous ont donné les résultats suivants :

a. *Air normal.* — Les cellules à parois épaissies de l'épiderme ont une cuticule assez épaisse. A cette assise, en succèdent cinq autres de collenchyme, puis vient l'écorce interne dont les éléments à parois minces sont cloisonnés radialement; en face des portions plus épaisses de collenchyme se trouvent des canaux sécréteurs.

Le liber se présente sous la forme de petits paquets surmontés par des arcs de fibres sclérifiées ; l'assise génératrice a fonctionné activement et à sa suite, se trouvent cinq ou six assises différenciées, mais dans lesquelles la lignification n'est pas encore visible.

Les vaisseaux primaires, non écrasés, sont noyés dans une plage de tissu parenchymateux à très petites cellules. Ces vaisseaux sont peu nombreux. On compte ensuite deux assises de cellules médullaires lignifiées, le reste de la moelle est parenchymateux.

b. *Air sec.* — La cuticule ne présente pas de différence d'épaisseur avec celle des échantillons normaux, les cellules de l'épiderme sont de dimensions légèrement réduites. Sept assises de collenchyme lui font suite ; on trouve moins de

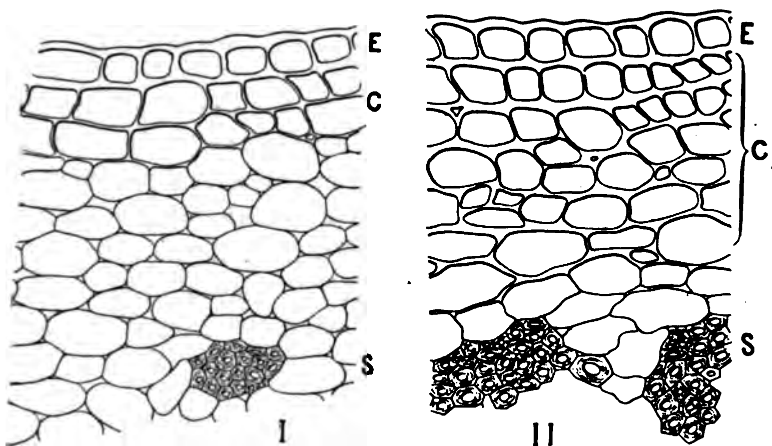


Fig. 11. — I, écorce de la tige développée à l'air normal ; II, écorce de la tige développée à l'air sec. Ces deux figures montrent le plus grand développement du collenchyme en C (fig. II), la plus grande homogénéité de l'écorce et, de plus, l'importance plus grande du sclérenchyme S.

cloisonnements dans les cellules de l'écorce interne, mais les canaux sécréteurs y ont plus d'importance (fig. 11).

Les arcs de sclérenchyme qui surmontent le liber sont plus marqués, le nombre des fibres est plus grand, les parois plus épaisses.

Le liber s'y montre plus accentué ; au lieu d'être distribué

en petits paquets séparés par du tissu parenchymateux, il forme un anneau complet circonscrivant un anneau ligneux offrant avec celui qui a été décrit précédemment des différences importantes : son rayon est plus grand, les vaisseaux y sont plus nombreux, à parois plus épaisses et à lumière plus large ; les formations secondaires sont plus avancées et les vaisseaux primaires ont leurs parois écrasées les unes contre les autres.

De plus, dix assises périmédullaires sont lignifiées, et presque toutes les cellules de la moelle sont en train d'en faire autant.

Le tableau suivant permet de comparer l'importance de ces tissus dans l'air sec et dans l'air normal.

Milieux.	Écorce.	Sclérenchyme.	Bois.	Moelle.
Air sec	1,7	1,0	9,0	13
Air normal	2,2	0,5	7,5	15

Dans l'air humide, nous ne trouvons pour ainsi dire plus de cuticule ; l'écorce a un rayon plus grand mais nous n'y voyons plus que trois assises de collenchyme ; le sclérenchyme y est moindre. Le rayon de l'anneau de bois a des dimensions plus réduites, mais les vaisseaux, de diamètre plus large, sont moins nombreux que dans les plantes de l'air normal. La moelle ne présente pas trace de lignification.

CONVOLVULACÉES.

Convolvulus tricolor.

MORPHOLOGIE EXTERNE

A la fin de l'expérience qui a duré du 13 juillet au 29 septembre, les plantes présentaient les différences suivantes :

Les portions de l'appareil végétatif développées dans les différents milieux ont :

	Centimètres.
Air normal	24,7
Air sec	21,8
Air humide	27,9

Remarquons que malgré la hauteur moindre de la pousse développée dans l'air desséché, celle-ci a fourni douze entre-nœuds, alors que dans les deux autres milieux on n'en compte que dix. Ces entre-nœuds ont naturellement des dimensions moindres que ceux de l'air normal, tandis qu'elles sont exagérées dans l'air humide; on peut s'en rendre aisément compte à l'inspection du tableau ci-dessous.

Numéro d'ordre des entre-nœuds.	Air normal.	Air sec.	Air humide.
Longueur du 1er entre-nœud	3,0	2,1	4,5
— 2e —	2,4	2,0	2,9
— 3e —	2,5	3,0	2,7
— 4e —	2,5	1,9	3,7
— 5e —	3,2	1,7	3,2
— 6e —	3,5	3,0	3,5
— 7e —	3,2	2,4	2,4
— 8e —	2,7	2,1	2,1
— 9e —	1,2	1,9	1,9
— 10e —	0,5	1,0	1,0
— 11e —	»	0,4	»
— 12e —	»	0,3	»

La culture des plantes n'a pas été menée jusqu'à la floraison.

Les feuilles se présentent beaucoup plus petites, dans le milieu sec et notablement plus grandes et plus larges, dans le milieu humide que dans le milieu normal.

La différence d'épaisseur au toucher se retrouve ici nettement accusée, et de plus la tige, comme les feuilles, développées à l'air sec sont recouvertes de poils plus abondants que normalement, alors que les mêmes parties qui ont évolué dans l'air saturé d'humidité sont pour ainsi dire dépourvues de productions pilifères.

Ajoutons que l'appareil radiculaire des plantes dont l'appareil aérien a poussé dans l'air desséché est beaucoup plus développé que celui des échantillons normaux et qu'il a

acquis une importance bien moindre au contraire dans ceux de l'air humide.

MORPHOLOGIE INTERNE

Tige. — a. *Milieu normal.* — L'épiderme présente à sa face supérieure une légère cuticule à peine indiquée et quelque peu plissée. Les assises qui lui font suite sont formées de cellules rondes, de taille moyenne, laissant entre elles des méats nombreux et assez grands, surtout dans le haut, puis vient une assise de cellules aplaties en circonscrivant quatre ou cinq autres de grandes cellules à parois minces entre lesquelles on voit peu de méats ; ceux-ci, quand ils existent, sont de très petites dimensions.

Le liber secondaire assez développé présente, au milieu d'un parenchyme à larges cellules, de petits groupes polygonaux d'éléments étroits provenant évidemment du cloisonnement longitudinal en tous sens d'un certain nombre de segments primitifs.

L'anneau ligneux a ses vaisseaux encore non lignifiés dans le voisinage de l'assise génératrice ; partout, d'ailleurs, la lignification est peu accentuée et les parois cellulaires ne prennent la coloration verte que très imparfaitement; seuls les vaisseaux primaires se colorent bien.

Un liber périmédullaire développé se trouve disposé par petits paquets répartis soit en face des faisceaux, soit en face des rayons médullaires.

Quant à la moelle, elle est constituée, dans sa partie externe par de grandes cellules que séparent quelques méats de petites dimensions ; le reste constitue un ensemble assez homogène, formé de cellules plus petites, étroitement unies entre elles; le centre de la moelle est résorbé.

b. *Milieu humide.* — Les cellules épidermiques sont plus grandes et l'on ne remarque pas trace de cuticule, la paroi extérieure des cellules étant simplement plus épaisse que les autres. Il n'y a aucune distinction entre l'écorce externe et

l'écorce interne, la transition de l'une à l'autre se fait insensiblement par la dimension des cellules qui vont en grandissant de la périphérie vers le centre de la coupe : toutes ces cellules sont à parois très minces.

Les méats se sont notablement agrandis dans ce milieu, et dans plusieurs points on peut les considérer comme de véritables lacunes.

Le liber externe se traduit par quatre à cinq assises de cellules polygonales sans aucune espèce d'écrasement; il a un développement moindre que dans les coupes des échantillons normaux.

L'anneau de bois ne présente que des piles de cellules imparfaitement lignifiées et séparées par de larges rayons médullaires parenchymateux. Les vaisseaux sont également en moins grand nombre qu'au cas précédent.

Le liber interne est bien moins accusé que dans l'air normal, les petits paquets situés en face des faisceaux sont de dimensions très faibles.

La moelle est à peu près complète et on n'y voit au centre que le début de la résorption des cellules; en revanche elle est formée de grandes cellules allongées, étirées en quelque sorte et séparées par d'énormes lacunes; elle présente tout à fait l'allure du tissu parenchymateux d'une plante aquatique.

Milieu sec. — Ici l'épiderme offre une cuticule épaisse; toutes les parois des cellules corticales sont également épaissies, mais ces cellules sont plus intimement unies entre elles que dans le premier milieu, et ne laissent entre elles que de forts petits méats sans qu'on puisse distinguer de lacunes. De plus, en certains endroits, la séparation entre l'écorce externe et l'écorce interne est nettement accusée par la présence d'une, quelquefois de deux assises complètement écrasées, et dont les éléments avaient été préalablement allongés dans le sens tangentiel. Notons encore que les cellules des deux dernières assises de l'écorce interne sont fortement cloisonnées.

Les cellules du liber externe forment un anneau complet; les formations secondaires sont très nettes, mais les grandes cellules visibles dans les coupes normales n'existent plus ici, les formations secondaires ayant en quelque sorte homogénéifié ce tissu.

L'anneau ligneux, beaucoup plus important cette fois que dans l'air normal, comprend des vaisseaux plus nombreux, mais à parois plus fortement lignifiées; toutes les cellules qui unissent ces vaisseaux ont également subi une forte lignification. Les formations secondaires sont très accusées.

Plus développé aussi est le liber périmédullaire, qui forme en certains endroits, tels que l'extrémité des vaisseaux, des plages d'une dizaine d'assises de cellules à parois minces et froissées.

La moelle présente une structure plus serrée et des éléments plus petits; mais tout le centre est résorbé, bien plus encore que dans les échantillons développés normalement; malgré cela, son rayon est plus faible.

Les dimensions relatives des tissus dans les trois milieux sont réunies dans le tableau suivant qui fait bien ressortir les différences qu'elles présentent.

Milieux.	Écorce.	Sclérenchyme.	Liber ext.	Bois.	Moelle.
Normal.......	2,2	»	0,5	1,0	12
Sec..........	1,9	0,2	0,7	1,9	10
Humide......	3,0	»	0,6	0,7	13

Signalons encore que le milieu sec nous montre le début des formations scléreuses que nous n'avons trouvé dans aucun des deux autres.

Pétiole. — Le pétiole nous offre des différences variant absolument dans le même sens. Aussi, n'entrerai-je pas ici dans une description inutile et me bornerai-je à donner le tableau suivant :

Tissus considérés.	Air sec.	Air normal.	Air humide.
Écorce......................	3,0	3,5	4,0
Larg. du faisceau libéro-ligneux.	8,0	5,0	3,9
Sclérenchyme................	0,4	0,3	»
Bois........................	1,3	0,9	0,6

d'après lequel on peut se rendre compte de l'augmentation, relativement très grande dans l'air humide, des tissus conducteurs et de soutien, et de la plus grande importance, au contraire, qu'acquièrent ces derniers dans l'air desséché en même temps que les éléments corticaux et médullaires subissent une réduction marquée.

Limbe. — Les feuilles, très épaisses comparativement à leur largeur dans l'air sec, montrent un épiderme à parois cellulaires presque rectilignes, et à stomates plus nombreux que dans les pousses normales ; le tissu palissadique y est plus développé, surtout sur les bords du limbe est diminué le nombre des lacunes du tissu lacuneux. Quant aux nervures, elles frappent l'œil par le grand développement des éléments de soutien, et les formations scléreuses y sont importantes.

Dans l'air humide, les feuilles se sont comportées tout autrement, les cellules sont agrandies ; l'épiderme et leurs parois sont devenues très sinueuses ; le nombre des stomates est bien moins grand et leurs dimensions dépassent la normale ; le tissu palissadique a subi une notable réduction, tandis qu'au contraire le tissu lacuneux a exagéré ses caractères. La réduction est également très évidente sur les faisceaux libéro-ligneux, de même que sur les cordons de sclérenchyme.

ŒNOTHÉRACÉES

Fuchsia fulgens.

Les expériences ont porté sur un grand nombre de pieds et ont duré du 15 mai au 18 août.

Quelques particularités intéressantes sont à signaler :

Les échantillons développés dans l'air desséché se sont développés beaucoup moins en hauteur que ceux qui ont poussé normalement, mais ils ont fleuri avec une avance de

près de deux semaines sur ces derniers; ils ont en outre donné plus de rameaux secondaires.

Ceux de l'air humide étaient encore en boutons lors de la récolte des échantillons, pas une fleur ne s'était ouverte, montrant ainsi un retard considérable sur les échantillons de l'air normal. Mais, par contre, ils ont, dans leur période de végétation, acquis près d'un tiers de hauteur de plus. Notons en outre que le nombre des boutons floraux est moindre dans ce milieu que dans les deux autres.

L'air sec qui a développé une rigidité plus grande de tous les organes de la plante, tiges, pétioles, feuilles, a de plus entraîné la chute très précoce de ces dernières. Presque toutes celles de la base des échantillons observés n'existent plus alors que dans ceux de l'air normal, une ou deux seulement se sont détachées, et que toutes sont en place dans les plantes du milieu humide.

L'appareil pilifère, peu développé normalement, présente une certaine importance dans les plantes de l'air sec et fait presque totalement défaut sur celles de l'air humide.

Notons encore que les plantes dont l'appareil aérien a évolué dans l'air desséché ont un appareil radiculaire excessivement développé, notablement plus que celles de l'air normal et que par rapport à celles-ci les plantes développées dans l'air saturé d'humidité présentent une réduction très grande de ce même appareil.

MORPHOLOGIE INTERNE

L'examen microscopique des coupes faites à la même hauteur d'entre-nœuds comparables, nous a donné les résultats suivants :

a. *Air normal.* — L'écorce dont le rayon est faible débute par un épiderme sans cuticule, dont quelques cellules se terminent par un poil, elle continue par quatre assises de grandes cellules à parois minces, puis viennent quatre à cinq assises de cellules aplaties et allongées tangentielle-

ment. Cet écrasement au début laisse cependant très visible encore la lumière des cellules.

Le liber normal ne présente pas d'aplatissement de ses cellules.

L'anneau ligneux complet montre peu de vaisseaux et leurs parois sont peu épaissies. Les faisceaux primaires sont rejetés à l'extrémité où ils sont noyés dans du liber interne.

Quant à la moelle elle est tout à fait parenchymateuse, et composée d'éléments polyédriques grands à parois très minces.

b. *Air sec.* — L'air sec manifeste nettement son influence.

L'écorce présente un rayon plus faible que précédem-

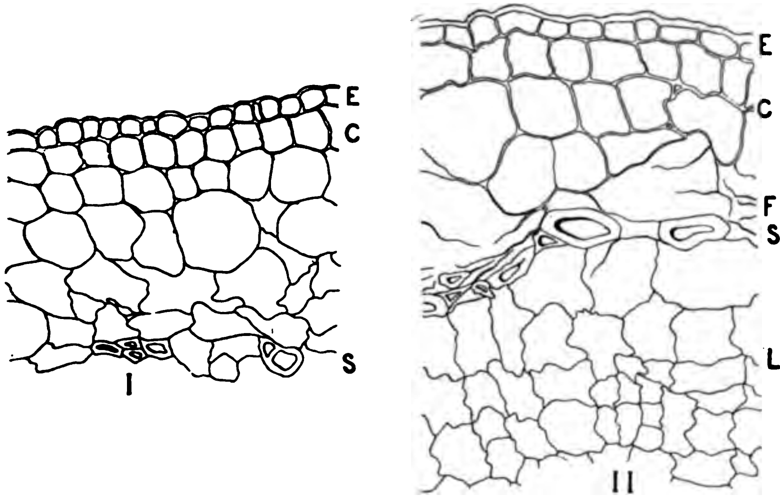


Fig. 12. — I, écorce de la tige normale ; II. écorce de la tige développée dans l'air sec ; E, épiderme ; C, collenchyme ; S, fibres sclérifiées ; F, zone des cellules écrasées ; dans II, on a figuré de plus le liège L qui n'existe pas encore dans l'écorce normale.

ment, les cellules de l'épiderme sont à parois plus épaisses et de plus cet épiderme est cutinisé.

Les deux assises qui lui font suite ont également épaissi leurs parois cellulaires. Ensuite viennent plusieurs assises, dont il est impossible de fixer le nombre, car elles ont en effet subi de la part du cylindre central une poussée telle

que toutes leurs cellules sont complètement écrasées, et que la plupart de leurs parois se sont résorbées.

L'écorce interne présente quelques cellules aplaties tangentiellement et dont les parois radiales sont plissées.

Le liber a plus d'importance que dans le milieu précédent.

La différence la plus marquée, s'accuse dans l'existence d'une assise subéro-phellodermique très nette qui est en plein fonctionnement et qui nous met sous les yeux cinq

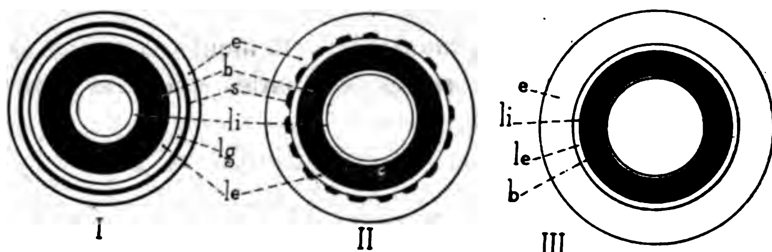


Fig. 13. — I, tige développée à l'air sec; II, tige développée à l'air normal; III, tige développée à l'air humide; *e*, écorce; *s*, sclérenchyme; *le*, liber externe; *li*, liber interne; *m*, moelle; *lg*, assise subéro-phellodermique.

ou six assises de liège; on peut s'en rendre compte par l'examen de la figure 12.

Les différents caractères de ces trois tiges sont schématiquement représentés dans la figure 13.

AMARANTACÉES

Achyranthes angustifolia.

Durée de l'expérience. — Du 14 juin au 2 septembre.

MORPHOLOGIE EXTERNE

Nous remarquons d'abord des différences extérieures assez marquées entre les échantillons développés dans les trois milieux.

Ceux de l'air sec ont subi une réduction notable dans leur développement en longueur, tandis qu'ils ont acquis, en revanche, un diamètre plus grand ; les pousses qui ont évolué dans l'air desséché ont un aspect noueux, elles paraissent comme ramassées sur elles-mêmes, et en même temps elles sont plus épaisses et plus rigides.

Les feuilles, de dimensions moindres que dans l'air normal, offrent une coloration rouge beaucoup plus intense ; la couleur de la tige est également plus vive.

Ceux de l'air humide, au contraire, offrent des pousses de plus grandes dimensions en hauteur, mais dont l'épaisseur est moindre, leur extrémité est recourbée sur elle-même, comme si elles ne pouvaient supporter leur propre poids. Les feuilles ont exagéré leurs dimensions tant en longueur qu'en largeur, mais elles sont, comme la tige d'ailleurs, d'une coloration beaucoup plus pâle que celles du milieu normal.

Les échantillons de l'air humide, comme ceux de l'air normal, possèdent toutes leurs feuilles ; celles qui occupaient la base des pousses de l'air sec sont tombées, et celles qui restent cèdent sous l'influence d'un choc léger.

Les dimensions comparatives des plantes soumises à l'expérience sont relatées dans le tableau suivant :

	Air sec.	Air normal.	Air humide.
Hauteur totale...........	23	28	34
Nombre des entre-nœuds..	17	17	14

Comme on le voit par ces chiffres, le nombre des entre-nœuds, identique dans les milieux sec et normal, est bien moindre dans le milieu humide ; mais en revanche, ces entre-nœuds sont bien plus développés dans leur longueur alors que celle-ci est notablement diminuée dans l'air sec.

MORPHOLOGIE INTERNE

a. *Air normal.* — L'épiderme présente de petites cellules : à sa suite, viennent quatre assises collenchymateuses

dans lesquelles l'épaississement cellulosique est faible.

Les cellules corticales qui suivent se signalent par de nombreux cloisonnements radiaux.

Puis l'on rencontre, circonscrivant le reste de la coupe, un certain nombre de paquets de fibres scléreuses à parois assez épaisses.

L'assise la plus interne du péricycle a cloisonné les cellules; elle a produit un anneau de méristème double, dans lequel, de place en place, quelques vaisseaux de bois se sont différenciés dans les tissus provenant du feuillet interne de ce méristème.

Le feuillet externe a donné du tissu parenchymateux surtout; on peut cependant, de loin en loin, y distinguer quelques petits paquets de liber en face du bois.

Quant aux faisceaux primaires que l'on trouve en dedans, ils nous montrent quelques vaisseaux du bois accolés, mais sans formation scléreuse autour d'eux.

La moelle est formée d'un tissu compact où les cellules laissent entre elles quelques méats de faibles dimensions.

b. *Air sec.* — Les éléments de l'épiderme sont plus petits; les assises collenchymateuses, plus nombreuses, y présentent un épaississement plus marqué. Les cellules corticales n'ont plus que quelques cloisonnements, dans la partie interne de l'écorce elles sont très fortement aplaties et allongées tangentiellement.

Ainsi que le montre la figure 14, les paquets de fibres scléreuses ont une importance qu'ils n'ont pas dans les coupes des échantillons précédents; l'assise génératrice surnuméraire, ainsi que l'appelle M. van Tieghem (1), est ici beaucoup plus différenciée; les vaisseaux du bois, répartis dans le méristème, sont beaucoup plus nombreux, plus gros, et groupés par paquets de six à huit.

Toutes les cellules de ce méristème, séparant les faisceaux

(1) Van Tieghem, *Traité de botanique*, p. 825.

secondaires, sont lignifiées; les paquets de liber formés sont beaucoup plus importants.

Les faisceaux primaires sont plus développés, avec des vaisseaux plus nombreux réunis par des formations scléreuses abondantes.

Le tissu parenchymateux, séparant la première rangée des faisceaux libéro-ligneux de l'assise surnuméraire, est d'une épaisseur moindre que dans l'air normal; certains des vaisseaux sont même en contact avec cette assise.

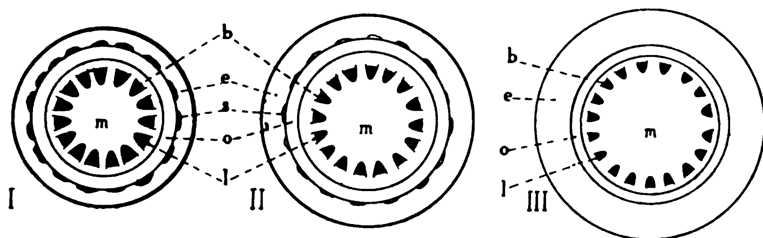


Fig. 14. — I, tige développée à l'air sec; II, tige développée à l'air normal; III, tige développée à l'air humide; *e*, écorce; *s*, sclérenchyme; *o*, assise génératrice surnuméraire; *l*, liber; *b*, bois; *m*, moelle.

La moelle est ici très compacte et il est difficile de distinguer les méats signalés plus haut; en un mot, la moelle et l'écorce sont plus homogènes que dans l'air normal.

c. *Air humide.* — Les coupes faites dans les pousses provenant de ce milieu nous montrent un retard très grand dans la différenciation de tous les tissus.

C'est tout d'abord une écorce dont les couches externes ne nous mettent sous les yeux qu'une ou deux assises de collenchyme. L'assise génératrice surnuméraire est formée, mais elle ne présente encore aucune différenciation en bois ou liber; est en contact, en beaucoup de points, avec la première assise des faisceaux libéro-ligneux. Les vaisseaux des faisceaux primaires sont à lumière plus large que ceux de l'air normal, mais à parois moins épaisses et ne se colorant qu'à peine en présence du vert d'iode.

Le nombre des vaisseaux est également moindre. L'écorce et la moelle sont lacuneuses.

En résumé, nous voyons que dans l'air sec :

Les pousses sont moins développées en hauteur, et présentent :

Des entre-nœuds plus courts ;

Une rigidité plus grande ;

Des feuilles de dimensions plus réduites et de coloration plus intense.

Qu'en outre, ce milieu a :

Provoqué la chute des feuilles;

Accentué le développement des éléments de soutien;

Aplati les cellules de l'écorce par un plus grand développement des éléments situés à l'intérieur de l'arc scléreux :

Provoqué une apparition plus précoce de l'assise génératrice surnuméraire et une activité plus grande dans son fonctionnement;

Déterminé une production plus nombreuse des vaisseaux de bois ;

Et rendu plus homogène l'écorce et la moelle en faisant disparaître les méats qui existent normalement entre leurs cellules.

L'air humide, au contraire, a :

Exagéré les dimensions de la pousse dans le sens de la longueur;

Diminué sa rigidité;

Amené une réduction considérable du nombre des entre-nœuds, tout en augmentant la longueur de ceux qui existent ;

Augmenté la surface des éléments foliaires, tout en diminuant l'intensité de leur coloration.

D'autre part, ce milieu a :

Développé des lacunes dans l'écorce et dans la moelle;

Amené un retard considérable dans la différenciation de tous les tissus de soutien et de conduction;

Diminué le nombre des vaisseaux du bois;

Empêché, jusqu'au moment où l'expérience a pris fin, la formation du sclérenchyme.

OLÉACÉES

Syringa vulgaris.

Un certain nombre de germinations, obtenues par le procédé des sélections successives, ont été mises en expérience le 15 mai et furent recueillies le 23 juillet. Elles présentaient à ce moment :

12 feuilles dans les échantillons élevés dans l'air sec ;

10 feuilles dans les plantes normales ;

10 feuilles aussi à celles qui se sont développées dans l'air humide.

L'axe hypocotylé, plus long dans ces derniers que dans l'air normal, a ses dimensions très réduites pour les plantes qui ont évolué dans l'air desséché.

Les feuilles, très vertes dans ce milieu, sont plus épaisses et plus petites que les feuilles normales ; c'est l'inverse qui a lieu pour celles de l'air humide qui, avec une couleur pâle et une épaisseur très faible, présentent des dimensions presque doubles de la normale.

MORPHOLOGIE INTERNE

a. *Air normal.* — L'épiderme, à cuticule assez épaisse, surmonte quatre assises de liège, auxquelles font suite dix assises d'écorce dont toutes les cellules sont cloisonnées radialement. Quelques fibres péricycliques sont sclérifiées et surmontent un anneau libérien complet. L'anneau ligneux montre peu de vaisseaux ; l'extrémité des faisceaux vient finir dans la moelle dont le diamètre est faible et dont toutes les cellules sont parenchymateuses.

b. *Air sec.* — L'épiderme n'existe plus que par places, il a été exfolié par les productions subéro-phellodermiques qui acquièrent une très grande importance ici. Les cellules de

l'écorce, qui viennent ensuite, sont très serrées les unes contre les autres, petites et aplaties tangentiellement ; on y distingue encore quelques cloisonnements, mais très rares.

Le liber, dont les cellules sont écrasées, présente ici un nombre d'assises notablement plus grand que dans le milieu précédent ; il est surmonté par des formations scléreuses beaucoup plus accusées que dans l'air normal.

Quant à l'anneau de bois, son rayon est plus important : il contient plus de vaisseaux que dans l'air normal ; de plus, ces derniers nous montrent à la fois une lumière plus large et une lignification plus accentuée ; ce dernier caractère appartient également à toutes les cellules formant trait d'union entre les vaisseaux.

La moelle est lignifiée ou commence à se lignifier, dans la région périmédullaire.

c. *Air humide.* — Le liège, dans ces échantillons comme dans ceux qui proviennent de l'air normal, n'a pas exfolié l'épiderme, dont la cuticule est moins épaisse ; son importance y est moindre. L'écorce proprement dite, que nous trouvons ensuite, a de grands éléments à parois minces, laissant entre eux de larges méats. Ses cellules sont au début de la période de cloisonnement, on n'en aperçoit encore que peu dans leur intérieur.

Nous ne trouvons pas trace, ici, de fibres péricycliques sclérifiées. Le liber à cellules aplaties n'a qu'une faible épaisseur, et l'anneau de bois, d'une largeur moindre que normalement, montre peu de vaisseaux et une faible lignification de ses éléments.

Les cellules de la moelle sont grandes, à parois très minces et toutes parenchymateuses.

Les dimensions des différents tissus sont consignées dans le tableau suivant :

Différents tissus.	Air sec.	Air normal.	Air humide.
Écorce............	2,7	2,9	3,1
Liège.............	0,9	0,7	0,5
Liber.............	0,9	0,5	0,3
Bois..............	20,0	14,0	11,0
Moelle............	6,0	8,0	10,0

ZYGOPHYLLACÉES

Zygophyllum Fabago.

La durée de l'expérience a été pour ces plantes de deux mois et demi.

Les différences accusées lors de la végétation dans les milieux sec et humide sont très importantes par rapport au milieu normal. Tout d'abord la hauteur de la plante.

La pousse développée dans l'air normal mesure $15^{cm},7$.

La plante qui a évolué dans l'air sec a subi un arrêt notable de développement et n'a atteint que $13^{cm},1$.

Celle au contraire qui s'est développée dans l'air saturé d'humidité a exagéré sa hauteur et compte $17^{cm},7$.

La réduction que l'on constate chez les échantillons provenant de l'air sec et l'augmentation de ceux de l'air humide a porté sur la longueur des entre-nœuds dont le nombre est resté constant dans les trois milieux.

Le tableau suivant résume les différences existant d'un milieu à l'autre.

	Air sec.	Air normal.	Air humide.
Longueur du 1er entre-nœud......	2,3	3,0	3,7
— 2e —	4,9	6,0	6,4
— 3e —	4,0	4,5	5,1
— 4e —	1,9	2,2	2,5

Tandis que les plantes du milieu sec présentent une grande rigidité dans toutes leurs parties, plus accusée que dans le milieu normal, celles du milieu humide sont souples, comme affaissées sur elles-mêmes, les feuilles sont molles au toucher et sont de moindre épaisseur que dan l'air sec

où elles sont dures, coriaces, très épaisses. Les feuilles de l'air sec ont réduit leurs dimensions, elles sont environ deux fois plus petites que celles de l'air normal, et cette réduction porte non seulement sur le limbe mais aussi sur le pétiole (fig. 13); pour les feuilles développées à l'air saturé

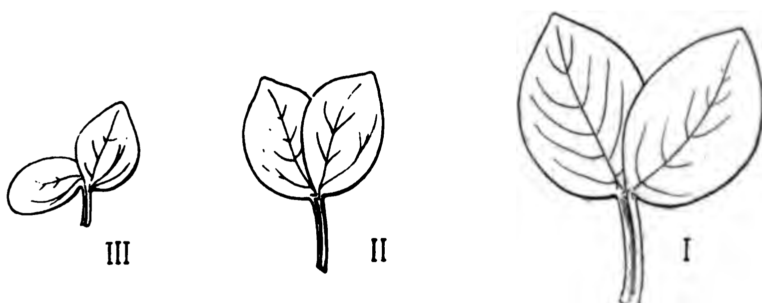


Fig. 15. — I, feuilles développées à l'air humide; II, feuilles développées à l'air normal; III, feuilles développées à l'air sec.

d'humidité, c'est l'inverse qui s'est produit, la surface foliaire a presque doublé (comme l'indique la figure A). On trouvera ci-dessous les dimensions comparées des pétioles exprimées en centimètres.

Nos d'ordre des feuilles.	Air sec.	Air normal.	Air humide.
1re feuille................	1,8	2,3	3,2
2e —	1,7	2,0	3,3
3e —	1,2	1,7	2,2
4e —	0,9	1,5	2,0

Il n'y a pas ici de grande différence de coloration entre les feuilles développées à l'air sec et les feuilles normales, mais les éléments foliaires de l'air humide présentent une coloration plus pâle.

Notons encore dans les trois milieux un écart très marqué dans le développement de l'appareil radiculaire ; tandis que dans les échantillons provenant de l'air sec il acquiert une importance beaucoup plus grande que dans les échantillons normaux, on le voit extrêmement réduit dans ceux qui ont poussé à l'air humide.

MORPHOLOGIE INTERNE

Les différences entre les trois milieux sont très nettement accusées dans cette espèce ; les coupes faites sur la tige, dans des entre-nœuds de même ordre, ont donné les résultats suivants :

Tige. — a. *Milieu normal.* — En considérant les différents tissus, de la périphérie vers le centre, nous trouvons d'abord un épiderme à grandes cellules offrant une cuticule très peu marquée.

Pas trace de collenchyme, mais de grandes cellules corticales à parois minces et laissant entre elles des méats. Au milieu de cette zone corticale et formant deux cercles concentriques, sont noyés de petits paquets de cellules sclérifiées, ces plages scléreuses comptent de huit à dix cellules.

On trouve ensuite de petits paquets de cellules libériennes séparées par de larges rayons médullaires. Ce liber primaire a ses cellules écrasées ; l'assise génératrice est très nette. Vient ensuite un anneau de bois dans lequel les vaisseaux peu nombreux sont unis par des cellules bien lignifiées.

La moelle est formée de grandes cellules à parois minces, non lignifiées et qui cèdent facilement sous le rasoir.

b. *Milieu sec.* — L'air sec a développé dans ces plantes quelques particularités intéressantes.

C'est tout d'abord une forte cuticule, épaisse, couronnant des cellules épidermiques aplaties dans le sens tangentiel.

Puis, sous l'épiderme, on trouve un liège bien développé avec trois ou quatre assises subéreuses.

Les cellules corticales qui viennent ensuite ont un diamètre plus petit que celles de l'écorce normale ; cela tient à ce que presque toutes se sont cloisonnées radialement pour donner naissance à de nouvelles cellules qui rendent ce tissu beaucoup plus homogène et qui, ou bien ont supprimé les méats ou bien les ont réduits à presque rien. On remarque encore ici et là quelques cellules primordiales, qui ne se

sont point encore cloisonnées et qui, par conséquent, ont gardé leurs dimensions primitives.

Dans ce tissu cortical, sont répartis sur trois rangées concentriques des paquets de fibres d'une importance plus grande que précédemment ; le nombre des cellules y est plus grand et la sclérification plus accentuée.

Le liber présente aussi un développement plus marqué que dans les échantillons normaux. Quant à l'anneau de bois il se signale par un rayon plus grand, par un nombre plus important de vaisseaux plus larges, unis par un tissu dans lequel la lignification est beaucoup plus affirmée.

La moelle, enfin, a épaissi les parois de ses cellules dans la zone périmédullaire et a commencé à lignifier plusieurs de ses éléments vers le centre des coupes.

c. *Milieu humide.* — Le milieu humide a agi sur les pousses qui s'y sont développées, juste en sens inverse de l'air sec par rapport à l'air normal. Ces pousses ont constamment un manque de différenciation en vue de la résistance.

La cuticule est moins marquée dans les cellules de l'épiderme que dans celles du même tissu normal ; il n'y a pas trace de collenchyme et les éléments corticaux, de grandes dimensions à parois très minces, sont séparés les uns des autres par de larges méats ; ceux-ci forment en certains endroits, entre les cellules de si larges espaces qu'on peut, sans hésitation, les appeler lacunes.

Les paquets de fibres que l'on rencontre dans l'écorce sont formés d'un nombre d'éléments moindre que celui des coupes faites dans la tige normale ; la sclérification y est beaucoup moins avancée et la lumière des cellules plus grande.

Le liber a moins d'importance et l'anneau de bois présente une notable réduction de son rayon.

Les vaisseaux sont également moins nombreux que normalement, on y remarque une lignification très peu avancée, incomplète en bien des points, et les dimensions des vaisseaux sont plus petites que dans l'air normal.

La moelle, très développée, est formée de grands éléments dans lesquels on n'aperçoit pas la moindre trace de lignification.

On se rendra compte de ces différences entre les proportions relatives des tissus dans les trois milieux en examinant le tableau ci-dessous et la figure 16.

Tissus considérés.	Air sec.	Air normal.	Air humide.
Liège	1,3	»	»
Écorce	2,5	3,7	4,1
Liber	1,7	0,7	0,5
Bois	3,6	2,5	2,2
Moelle	9,4	12,0	15,0
Diamètre	18,5	17,9	21,8

Pétiole. — Le pétiole, comme on peut le voir sur la figure 16, notablement renflé à sa partie inférieure, présente

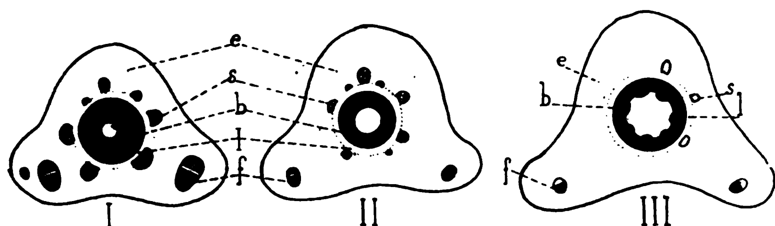


Fig. 16. — Coupe des pétioles des trois milieux. — I, pétiole de la feuille développée dans l'air desséché; II, pétiole de la feuille développée dans l'air normal; III, pétiole de la feuille développée dans l'air humide; *e*, écorce; *s*, sclérenchyme; *b*, bois; *l*, liber; *f*, faisceaux libéro-ligneux secondaires.

au contraire une gouttière à sa face supérieure, y établissant de chaque côté comme deux ailes assez largement étalées. Il en résulte qu'une coupe au milieu du pétiole nous montre une section triangulaire à angles fortement arrondis et dont les faces, surtout l'inférieure, sont creusées d'un sillon assez profond.

Au-dessous de l'épiderme, non lignifié, les coupes du pétiole normal nous offrent plusieurs assises corticales dont les cellules sont à parois minces, sauf l'assise sous-épidermique qui a épaissi les parois de ses éléments. A l'intérieur de ce parenchyme cellulosique, on voit, disposés sur un

cercle, huit paquets de fibres sclérifiées, dont cinq assez importants et trois très petits. Vient ensuite un anneau de liber de faible épaisseur auquel fait suite un anneau de bois avec un assez grand nombre de vaisseaux et dans lequel la lignification des parois cellulaires est bien marquée, aussi les formations secondaires y sont aussi très avancées.

A l'intérieur de cet anneau se trouve la moelle qui ne présente rien de particulier.

Signalons encore l'existence vers le milieu des deux ailes latérales, et, noyés dans le parenchyme cellulosique, de deux faisceaux libéro-ligneux au sommet desquels on aperçoit deux ou trois fibres sclérifiées.

Sur la coupe du pétiole développé dans l'air desséché, des différences notables sont à signaler.

Tout d'abord l'épiderme a des éléments constitutifs plus petits, et recouverts à leur partie supérieure par une cuticule assez épaisse.

Quatre à cinq assises hypodermiques lui font suite ; l'écorce interne qui vient après a des cellules plus petites que dans la coupe du pétiole normal.

L'anneau scléreux qui circonscrit le liber est beaucoup plus développé que précédemment ; on y distingue encore huits paquets de fibres, mais présentant des dimensions doubles ou triples des autres ; l'augmentation porte tout à la fois sur le nombre plus grand des fibres intéressées par la sclérification, et sur la sclérification elle-même, qui est ici beaucoup plus accentuée.

Le liber a sensiblement la même importance, mais il entoure un anneau de bois dont le rayon est plus grand que dans le pétiole normal. Les vaisseaux plus nombreux, à lumière un peu plus vaste, présentent, comme d'ailleurs le tissu qui les unit, une lignification bien plus marquée.

La plus grande importance de l'anneau ligneux a entraîné une réduction du diamètre de la moelle.

Quant aux faisceaux libéro-ligneux des ailes ils ont, eux aussi, des dimensions plus considérables, on y compte environ

deux fois plus de vaisseaux, et ils sont limités extérieurement par un arc scléreux très épais. Il existe même, dans les coupes, un petit vaisseau libéro-ligneux supplémentaire, présentant à sa partie supérieure des fibres très sclérifiées.

Ajoutons, pour finir, que si le rayon du bois est plus grand, celui de l'écorce est moindre, ainsi que celui de la moelle.

Les dimensions du pétiole développé dans l'air saturé d'humidité sont au contraire plus importantes. Mais cette augmentation porte principalement sur l'écorce et sur la moelle, tout l'appareil de soutien y est en effet excessivement réduit et l'on constate dans son développement un retard considérable.

Pas trace de collenchyme ni de cuticule dans l'écorce toute parenchymateuse et composée de grandes cellules lâchement unies entre elles.

Répartis au milieu d'elle, nous ne trouvons plus que trois paquets de fibres seulement, dans lesquels la sclérification est faible et dont les cellules prennent à peine la coloration verte en présence du réactif de la lignine.

Les deux faisceaux libéro-ligneux des ailes ont peu d'importance et ne sont pas limités dans leur partie supérieure par du sclérenchyme.

Comme pour les deux milieux précédents, un anneau de liber circonscrit les formations ligneuses, dans lesquelles on distingue fort bien encore les faisceaux primaires que séparent de larges rayons médullaires parenchymateux. Les formations secondaires sont peu marquées. La moelle a accru son diamètre et est composée de grandes cellules à parois très minces, entre lesquelles on aperçoit des méats nombreux.

Limbe. — L'étude de la tige et du pétiole nous a montré, comme influence de la sécheresse de l'air, une différenciation beaucoup plus avancée ; cette différenciation l'est encore bien davantage dans les feuilles qui se sont développées dans ce milieu. L'épaisseur du limbe, qui dans l'air

normal, atteint 24 divisions micrométriques, mesure dans l'air sec 35 divisions. Les nervures accusent le même état avancé de différenciation et les formations scléreuses et ligneuses y ont acquis un développement plus accentué que dans la normale. De plus, la structure du mésophylle est absolument homogène et constituée dans tout son ensemble, uniquement par du tissu palissadique, dont les éléments sont très allongés. Il n'y a plus trace de tissu lacuneux

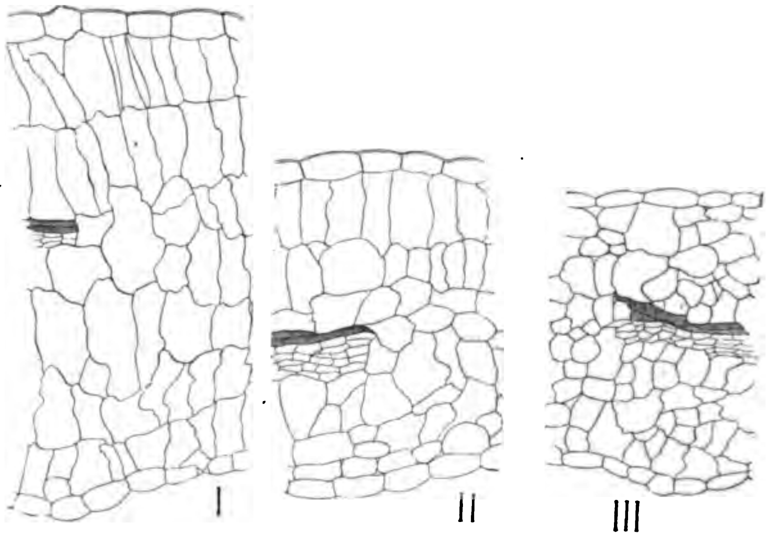


Fig. 17. — I, coupe de limbe de la feuille provenant de l'air desséché; II, coupe de limbe de la feuille provenant de l'air normal; III, coupe de limbe de la feuille provenant de l'air humide. On peut constater que dans la coupe I il n'existe que du tissu en palissade, alors qu'il n'y en a plus trace dans la coupe III où le parenchyme lacuneux est à peu près seul représenté.

comme on le voit sur la figure 17, et les lacunes aérifères situées entre les cellules palissadiques sont extrêmement réduites.

L'épiderme est en outre remarquable; non seulement les stomates, plus petits, sont beaucoup plus abondants, mais les dimensions des cellules sont notablement réduites, et leurs parois moins sinueuses que dans l'air normal.

L'air humide a agi d'une façon absolument opposée, il a accru les dimensions des cellules, réduit le nombre

des stomates et augmenté la sinuosité des parois cellulaires. Les lacunes y sont beaucoup plus développées et le tissu en palissade passablement réduit.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Il résulte de tout ce qui précède que l'on peut tirer de l'ensemble de mes expériences les conclusions générales suivantes :

Tout d'abord *la végétation des plantes et leur structure sont tout à fait différentes suivant qu'elles ont poussé dans l'air sec, dans l'air normal ou dans l'air humide.*

Si nous examinons maintenant le détail des variations entraînées par les modifications de l'état hygrométrique de l'air, nous voyons que :

L'AIR SEC agit de la manière suivante :

1° Morphologie externe.

L'AIR SEC :

Restreint la croissance de la plante ; en même temps que celle-ci subit une réduction en hauteur, elle acquiert souvent un diamètre plus grand de ses différents organes (tige principale, branches, etc.), et en tout cas, leur résistance et leur rigidité sont *augmentées* ;

Diminue la longueur des entre-nœuds, mais en *augmente* souvent le nombre ;

Réduit également les dimensions des feuilles ; cette réduction ne porte pas seulement sur le limbe, mais elle intéresse aussi le pétiole et même les organes accessoires comme les gaines et les stipules ;

Augmente l'épaisseur des feuilles et *développe* toujours chez elles une coloration verte plus vive ; quand les cellules foliaires renferment des pigments colorés, ces derniers acquièrent une intensité de coloration plus grande que dans la feuille développée à l'air normal ;

Exagère à la surface de tous les organes les productions pilifères;

Détermine toujours un plus grand développement de l'appareil radiculaire, et dans le cas particulier des Légumineuses, tend à faire disparaître la production des nodosités répandues à la surface de cet appareil; il détermine aussi une chute précoce des feuilles et par suite des stipules;

Active notablement la floraison et la formation des fruits;

Augmente les glandes et les nectaires chez les plantes qui en possèdent.

2° Morphologie interne.

L'AIR SEC :

Diminue le diamètre des cellules épidermiques;

Réduit les dimensions de l'écorce et de la moelle;

Augmente l'homogénéité de ces tissus dans la tige et dans les pétioles;

Exagère la production des canaux sécréteurs dans les plantes qui en possèdent et rend la sécrétion plus abondante;

Augmente la production des cellules à raphides;

Hâte la différenciation du sclérenchyme et *active* le fonctionnement des assises génératrices;

Rend plus précoce la formation et le développement du liège, par suite aussi l'exfoliation des tissus placés au dehors;

Produit un *plus grand développement du bois*, dont le nombre des vaisseaux *augmente* en même temps que leurs parois s'épaississent;

Augmente comme nous l'avons déjà dit, l'épaisseur des feuilles; cet épaississement est dû au développement que prend le tissu en palissade et qui compense et au delà la diminution simultanée du tissu lacuneux, dont les lacunes prennent, d'ailleurs, des dimensions plus réduites et sont

moins nombreuses; il *augmente* dans ces organes la production des poils et des stomates;

Enfin, il *diminue* la sinuosité des parois des cellules épidermiques dont il *réduit* les dimensions.

L'AIR HUMIDE agit d'une façon générale par rapport à l'air normal, en sens inverse de l'air sec.

1° Morphologie externe.

L'AIR HUMIDE :

Augmente la croissance en hauteur de la plante, mais il *diminue* sa résistance et sa rigidité;

Augmente la longueur des entre-nœuds, mais en même temps il tend à *diminuer* leur nombre;

Augmente les dimensions des feuilles et des stipules, mais il *diminue* l'épaisseur de ces organes, qui présentent une coloration verte bien moins vive que ceux des échantillons normaux, et quand les cellules foliaires renferment des pigments colorés, ces derniers sont moins abondants que dans les feuilles normales;

Réduit à la surface de tous les organes les productions pilifères;

Retarde la floraison et, par suite, l'apparition des fruits;

Entraine en outre un arrêt dans le développement de l'appareil radiculaire, et pour le cas particulier des Légu mineuses, il favorise à la surface de cet appareil la production des nodosités, qui dépasse de beaucoup celle des cultures dans l'air normal.

2° Morphologie interne.

L'AIR HUMIDE :

Augmente les dimensions des cellules épidermiques;

Exagère celles de l'écorce et de la moelle;

Augmente les lacunes dans ces tissus, quand elles existent dans l'air normal, et en *développe* quand elles n'existent pas;

Diminue la production des canaux sécréteurs dans les plantes qui en possèdent et rend la sécrétion *moins abondante* ;

Retarde la différenciation du sclérenchyme et le fonctionnement des assises génératrices ;

Retarde l'apparition et le développement du liège, et par suite l'exfoliation de l'écorce ;

Occasionne un moins grand développement du bois, dont il *restreint* le nombre des vaisseaux en même temps qu'il *retarde* leur lignification ;

Diminue l'épaisseur des feuilles ; la réduction porte principalement sur le tissu en palissade dont les cellules sont moins allongées et dont le nombre des assises est souvent moindre ; la réduction tient aussi à ce fait que dans le tissu lacuneux, plus développé, les dimensions des lacunes sont énormément augmentées, ce qui produit un tissu s'affaissant en quelque sorte sur lui-même ;

Diminue à la surface de ces organes la production des poils et des stomates ;

Enfin, il *augmente* la sinuosité des parois des cellules épidermiques dont il accroît singulièrement les dimensions.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Salix triandra.

Fig. 1. — Coupe d'une tige normale.
Fig. 2. — Coupe de la tige développée à l'air sec.
Fig. 3. — Coupe de la tige développée à l'air humide.

ep, épiderme à cuticule très mince dans 3, plus épaisse dans 1 et très exagérée dans 2.
lg, liège, uniquement développé dans la tige qui a poussé dans l'air sec.
col, collenchyme peu développé dans la tige normale, très accentué dans celle provenant de l'air sec.
fp, fibres péricycliques formant un anneau complet dans la coupe représentée figure 2.
lp, liber primaire.
ls, liber secondaire.
ag, assise génératrice.
b, bois.
sc, sclérenchyme.
m, moelle.

Aster sinensis.

Fig. 4. — Canal sécréteur de la plante développée à l'air sec.
Fig. 5. — Canal sécréteur de la plante normale.

Phaseolus vulgaris.

Fig. 6, 7 et 8 permettant de comparer les dimensions relatives de l'écorce, et l'importance de l'appareil de soutien, représenté ici par des fibres péricycliques et du collenchyme. L'appareil de soutien est à peu près nul dans la figure 6, qui représente la coupe de la tige développée dans un milieu saturé d'humidité, et plus accentué dans la figure 8, qui montre une coupe de tige normale ; il est plus accentué encore dans la figure 7, qui reproduit l'aspect de la coupe d'une tige ayant évolué dans l'air desséché.

SUR LES COLUMELLIACÉES

Par M. PH. VAN TIEGHEM.

Le genre Columellie (*Columellia*) a été créé par Ruiz et Pavon, en 1794, pour deux espèces ligneuses, à feuilles persistantes, opposées, velues, simples et sans stipules, découvertes au Pérou par eux et par Dombey en 1778 (1). D'abord classé par Kunth en 1817 dans les Scrofulariacées (2), il a été regardé par Don, dès 1828, comme le type d'une famille distincte, les Columelliées (3), famille admise aussitôt par Lindley sous le nom de Columelliacées (4) et adoptée par tous les botanistes qui ont suivi, à l'exception de Baillon, qui a incorporé ce genre, comme série distincte, il est vrai, à la famille des Gesnériacées (5).

Mais si l'on s'accorde sur son autonomie, on diffère beaucoup sur ses affinités et sur la place qu'il convient de lui attribuer dans la Classification. Don l'a rapprochée des Jasminées (1828), Endlicher des Ébénacées (1840), Lindley des Onagracées et en même temps des Vacciniées et des Rubiacées (1847), A.-P. de Candolle des Gesnériacées (1839), et cette dernière opinion a été adoptée par tous les botanistes qui ont suivi, notamment par Decaisne (1868), qui l'a rapprochée aussi des Rubiacées, par Bentham et Hooker (1876), qui l'ont

(1) Ruiz et Pavon, *Floræ peruvianæ et chilensis prodromus*, p. 3, pl. I, 1794.
(2) Kunth, *Nova genera et species plant. americ.*, II, p. 388, 1817.
(3) Don, Description of Columellia (*Edinburgh new phil. Journal*, 1829, p. 46).
(4) Lindley, *Introd. to the nat. System of Botany*, p. 222, 1830.
(5) Baillon, *Histoire des plantes*, X, p. 63, 1891.

comparée aussi aux Saxifragacées et aux Loganiacées, et plus récemment par M. Fritsch (1894) et par M. Engler (1897). En dernier lieu, M. Solereder (1899) lui a trouvé toutefois des rapports plus étroits avec les Saxifragacées qu'avec les Gesnériacées.

Tous reconnaissent néanmoins que cette famille n'est étroitement liée à aucune autre. « It is impossible to say where it really ought to stand », dit Lindley en 1847. « Ordo nulli arcte affinis », dit aussi Bentham en 1876. « Die Columelliaceen stellen sicher einen sehr alten, im System der jetzt lebenden Pflanzen isolierten Typus dar », dit encore M. Fritsch en 1894. A ce titre, elle mérite donc une attention particulière.

Mais il se pourrait que l'incertitude qui règne sur ce point au sujet de ces plantes vînt moins de leur nature propre que de l'état encore imparfait de nos connaissances. Il subsiste, en effet, des doutes sur la conformation de leur remarquable androcée. La structure de l'ovule y est tout à fait inconnue. On ignore complètement la structure du corps végétatif dans les espèces types primitives, et l'on n'en saurait absolument rien si, tout récemment, M. Solereder n'en avait signalé quelques points dans une espèce nouvellement décrite (1).

Avant de décider la question, il était donc nécessaire de combler ces diverses lacunes. C'est à quoi je me suis appliqué à l'aide des échantillons originaux que possède l'Herbier du Muséum. La présente Note résume les résultats de ce petit travail.

1. *Énumération des espèces.* — Ruiz et Pavon ont décrit du même coup, en 1798, deux espèces de ce genre : la C. obovale (*C. obovata*), qui est un arbuste à petites feuilles sessiles, concaves, portant sur chaque bord deux ou trois petites dents très espacées, à fleurs terminales solitaires, et la C. oblongue (*C. oblonga*), qui est un arbre à feuilles plus

(1) Solereder, *Syst. Anatomie des Dicotyledonen*, p. 675, 1899.

grandes, pétiolées, planes, portant vers l'extrémité quelques dents espacées, à fleurs groupées en cyme bipare terminale (1).

Plus tard, en 1817, Kunth en a décrit, d'après les notes de Bonpland, une troisième espèce, la C. soyeuse (*C. sericea*), récoltée en 1802 par ce botaniste au mont Tunguragua, dans l'Équateur (n° 3 204), et qui a été retrouvée depuis, en 1843, par Hartweg (n° 1 233) en Colombie (2).

C'est un arbre à fleurs groupées en cyme bipare, comme la seconde. Elle a été admise à la suite de deux autres, en 1839, par A.-P. de Candolle, qui a vu les échantillons de Bonpland (3). Mais plus tard, Bentham et Hooker, en 1873, et à leur exemple tous les botanistes récents, notamment Baillon en 1891 et M. Fritsch en 1894, l'ont identifiée avec la C. oblongue. C'est à tort, semble-t-il, car elle en est déjà bien distincte par ses feuilles à bord entier tout du long et non denté dans la région supérieure, et l'on verra plus loin qu'elle en diffère aussi par la structure de sa tige. L'erreur vient peut-être de ce que ces auteurs n'ont pas pu comparer les échantillons originaux, peut-être aussi de ce que la C. oblongue croît également dans l'Équateur. Un exemplaire de cette espèce, provenant de graines récoltées dans les hauteurs audessus de Quito par M. Jameson a été, en effet, cultivé à Kew, dans la serre tempérée, et y a fleuri pour la première fois en 1875; il a été aussitôt décrit et figuré par M. J. Hooker (4). Quoi qu'il en soit, la faute a été corrigée depuis, au moins implicitement, car, en 1895, l'Index de Kew reconnaît l'autonomie de la C. soyeuse (5).

A ces trois espèces anciennes, est venue récemment s'en ajouter une quatrième, récoltée en Bolivie en 1886 par M. Bang (n° 1172) et décrite en 1893 par M. Rusby sous le

(1) Ruiz et Pavon, *Flora peruviana et chilensis*, I, p. 28, pl. VIII, fig. *a*, et pl. XII, fig. *b*, 1798.
(2) Kunth, *loc. cit.*, p. 388, 1817.
(3) A.-P. de Candolle, *Prodromus*, VII, 2, p. 549, 1839.
(4) *Botanical Magazine*, CI, pl. 6183, 1875.
(5) *Index Kewensis*, p. 586, 1895.

nom de C. dentée (*C. serrata*) (1). Je n'ai pas encore pu l'étudier. Dans ce qui va suivre, je me bornerai donc à considérer les trois espèces primitives, qui sont les types du genre.

2. *Structure de la tige.* — La tige jeune a son épiderme très fortement cutinisé, muni de poils simples et unicellulaires, à membrane fortement épaissie. L'écorce renferme des mâcles sphériques d'oxalate de calcium et n'a de vraiment remarquable que son assise interne, qui est formée de grandes cellules à parois latérales lignifiées et constitue un endoderme très différencié. La stèle a son péricycle tout entier parenchymateux, son liber primaire et secondaire également parenchymateux, son bois primaire et secondaire normal, et sa moelle à membranes bientôt lignifiées, pourvue, comme l'écorce, de mâcles sphériques. Liber et bois secondaires sont munis de rayons unisériés.

De bonne heure prend naissance, dans l'assise externe du péricycle, un périderme remarquable. Le liège y est formé d'une alternance régulière d'assises de grandes cellules allongées suivant le rayon, à membrane subérisée, et d'assises de petites cellules plates à membrane cellulosique, qui plus tard s'épaissit et se lignifie. Il n'y a pas trace de phelloderme.

Une fois le périderme établi, et formé d'au moins deux assises, l'externe à cellules plates et l'interne à cellules carrées, bordée en dedans par l'assise génératrice, il se fait dans le péricycle sous-jacent un anneau fibreux continu et plus ou moins épais, contre le bord externe duquel le liège appuie désormais ses séries radiales. Plus tard, lorsque le liège a acquis environ six assises, trois de chaque sorte, son assise interne, à cellules plates, cesse de fonctionner; il ne s'épaissit pas davantage. Il se forme aussitôt un nouveau liège en dedans de l'anneau fibreux, aux dépens d'une assise génératrice appartenant soit encore au péricycle, soit déjà au liber. Ce second périderme se développe comme le premier et se

(1) Rusby, Enumeration of the plants collected in Bolivia by M. Bang (*Memoirs of the Torrey bot. Club*, III, p. 67, 1893).

réduit au liège, sans phelloderme. Pendant sa formation, il se différencie en dedans de lui un nouvel anneau fibreux, puis il cesse à son tour de s'épaissir, tandis qu'il se forme, en dedans du second anneau fibreux, une troisième couche de liège, qui se comporte comme les deux premières, et ainsi de suite. Par les progrès de l'âge, la tige acquiert de la sorte un rhytidome annulaire très remarquable.

A mesure qu'il s'épaissit, la zone interne de l'écorce, à l'exception de l'endoderme, se trouve progressivement résorbée, digérée, et il n'en subsiste que la zone externe, dont les membranes se lignifient et qui finit par s'exfolier. C'est là, comme on sait, un phénomène très fréquent, lorsque le périderme est péricyclique.

Partout essentiellement la même, la marche des choses subit néanmoins, suivant les espèces, quelques modifications secondaires. Ainsi, dans la C. soyeuse, l'anneau fibreux péricyclique se forme parfois avant l'apparition du liège, laissant subsister entre lui et l'endoderme une assise vivante, qui deviendra génératrice du périderme. Ainsi encore, dans la C. oblongue, l'anneau fibreux péricyclique subsiste et va s'épaississant pendant un temps assez long avant que le second liège n'apparaisse sur son bord interne. La tige de ces deux espèces offre donc de notables différences de structure, qui s'ajoutent aux différences de forme de la feuille pour les séparer, comme il a été annoncé plus haut.

Dans la Columellie dentée, seule espèce étudiée par lui, M. Solereder, après avoir indiqué la composition, d'ailleurs normale, du bois secondaire, a déjà remarqué l'origine profonde du liège, qu'il dit prendre naissance à la limite externe du liber « an der Aussengrenze des Bastes », ainsi que l'alternance des cellules allongées et aplaties radialement qui le constituent (1). Mais la présence d'un endoderme

(1) Solereder, *loc. cit.*, p. 675, 1899.

différencié, qui permet de fixer l'origine péricyclique du liège, ainsi que la production ultérieure du rhytidome par suite de la répétition centripète du liège, lui ont également échappé. Peut-être cette répétition est-elle tardive dans cette espèce, comme dans la C. oblongue.

3. *Structure de la feuille.* — Les feuilles sont, comme on sait, persistantes, opposées, simples, sans stipules et plus ou moins velues. Chacune d'elles reçoit de la stèle de la tige une seule méristèle, qui la parcourt en forme d'arc suivant la ligne médiane, en formant latéralement des méristèles secondaires pennées.

L'épiderme du limbe est fortement cutinisé et muni de poils couchés, semblables à ceux de la tige, qui tombent sur la face supérieure, où la trace de leur insertion demeure visible, et persistent sur la face inférieure. Les stomates sont localisés sur la face inférieure et dépourvus de cellules annexes. L'écorce différencie son assise externe, sur la face supérieure, en un exoderme très net, à cellules plates, plus grandes que celles de l'épiderme. C'est donc sa seconde assise qui devient palissadique; il y a deux ou trois rangs de palissades et le reste de l'épaisseur n'est que faiblement lacuneux. La méristèle médiane est pourvue d'un arc fibreux sur sa face inférieure et il en est de même des principales méristèles latérales.

Dans la C. dentée, M. Solereder a observé aussi, à la surface supérieure du limbe foliaire, un exoderme à cellules plates. C'est donc, là encore, une propriété commune au genre tout entier.

4. *Organisation florale.* — L'inflorescence est toujours terminale, solitaire dans la C. obovale, groupée en cyme bipare dans la C. oblongue et la C. soyeuse. Dans les deux cas, le pédoncule floral offre la même structure que la branche qu'il termine, à deux différences près. D'abord, il s'y forme de bonne heure, en contact immédiat avec l'endoderme, un anneau fibreux péricyclique complet. Ensuite, il ne s'y produit pas de périderme, ni par conséquent de rhytidome.

La fleur a un calice de cinq sépales égaux et libres, et une corolle de cinq pétales alternes, égaux et concrescents en un tube court dans leur région inférieure.

L'androcée se compose sans doute typiquement d'un verticille de cinq étamines alternes aux pétales; mais les deux étamines superposées aux deux sépales latéraux se développent seules; les trois autres, savoir la médiane postérieure et les deux antérieures, avortent complètement. L'étamine a un filet gros et court, qui est concrescent au tube de la corolle, et une large anthère qui porte en dehors deux paires de longs sacs polliniques, reployées chacune deux fois en forme d'N, comme dans les Cucurbitacées.

Cette conformation de l'androcée, qui est certainement le caractère le plus original de ces plantes, a donné lieu à des interprétations diverses. La section transversale d'une pareille anthère comprenant six paires de sacs polliniques, Endlicher d'abord (1840) et plus tard Lindley (1847) ont regardé chaque étamine comme formée d'une phalange de trois étamines concrescentes, opinion combattue plus tard par Bentham et Hooker (1876). M. Fritsch ne l'admet pas non plus (1894), mais regarde pourtant comme très plausible que chacune d'elles résulte de la fusion de deux étamines latérales, la cinquième et médiane ayant seule avorté; il croit que la question ne peut être définitivement résolue que par l'étude du développement (1). S'il en était vraiment ainsi, ces plantes n'étant pas cultivées dans les serres, il faudrait attendre bien longtemps. Il y a heureusement une manière beaucoup plus simple de décider la chose. La série des coupes transversales du filet et de l'anthère montre, en effet, que l'étamine ne possède tout du long qu'une seule méristèle médiane, élargie tangentiellement. Elle est donc bien simple, et non triple ou double, formée d'une seule feuille différenciée, et non de trois ou de deux feuilles concrescentes.

(1) Fritsch, dans Engler et Prantl, *Natürl. Pflanzenfam.*, IV, 3 *b*, p. 187, 1894.

Le pistil se compose de deux carpelles antéropostérieurs, fermés et concrescents en un ovaire biloculaire, surmonté d'un style à stigmate bilobé. Il est concrescent en dehors avec les trois verticilles externes dans presque toute la longueur de l'ovaire, rendu ainsi infère. La fermeture des carpelles a lieu par concrescence des bords dans la région inférieure, où la cloison est continue, par simple rapprochement et contact des bords dans la région moyenne, où la cloison est entrecoupée par les deux épidermes accolés; dans la région supérieure, les bords s'écartent quelque peu, et l'ovaire tend à devenir uniloculaire. Qu'ils soient concrescents, soudés ou libres, les bords carpellaires portent tout du long, et sur plusieurs rangées, un grand nombre d'ovules réfléchis. L'ovule est formé d'un seul tégument épais, dont l'épiderme interne allonge fortement ses cellules suivant le rayon, et d'un nucelle très étroit, dont la paroi externe est complètement résorbée avant la formation de l'œuf, ne laissant subsister, à sa base même, qu'une petite hypostase. Accolé directement à l'épiderme interne et profondément différencié du tégument, le prothalle femelle a sa membrane externe assez fortement lignifiée. En un mot, l'ovule est transpariété unitegminé.

Ainsi conformée, actinomorphe pour le calice, la corolle et le pistil, mais fortement zygomorphe pour l'androcée, la fleur de ces plantes n'a dans sa totalité qu'un seul plan de symétrie; elle est donc zygomorphe dans son ensemble.

5. *Fruit et graine.* — Couronné par le calice persistant, le fruit est, comme on sait, une capsule. Par une fente au milieu de la cloison, elle se partage d'abord tout du long en deux pièces antéropostérieures, offrant chacune en dedans et en haut une petite fente, provenant, comme il a été dit plus haut, de l'écartement des deux moitiés de la cloison dans la région supérieure de l'ovaire. Puis, chaque carpelle ainsi séparé se fend suivant sa ligne dorsale, mais seulement dans sa courte extrémité libre, prolongeant ainsi l'ouverture interne assez pour permettre aux graines de

s'échapper. En un mot, la capsule est à la fois septicide tout du long et loculicide dans son dôme supérieur libre.

La graine a un tégument lisse, un petit embryon et un albumen charnu.

6. *Conclusion. — Place des Columelliacées dans la Classification.* — L'ensemble de ces caractères permet de fixer avec un peu plus de précision qu'il n'a été fait jusqu'ici les affinités des Columelliacées et la place qu'il convient de leur attribuer dans la Classification.

L'ovule y étant transpariété unitegminé, c'est à l'ordre des Transpariétées unitegminées, ou Solaninées, qu'elles appartiennent (1), ce qui les éloigne déjà des Diospyracées ou Ébénacées, qui sont, comme on sait, des Transpariétées bitegminées ou Primulinées (2), ainsi que des Onagracées et des Saxifragacées vraies, qui sont des Perpariétées bitegminées ou Renonculinées (3).

Cet ordre des Solaninées est très vaste et comprend, comme on sait, six alliances. C'est dans l'alliance caractérisée par une corolle gamopétale et par un ovaire infère, c'est-à-dire dans les Rubiales, que se rangent les Columelliacées (4). Les étamines y étant, en outre, concrescentes à la corolle, c'est quelque part dans le voisinage des Rubiacées qu'on les classera, c'est-à-dire à l'une des places que leur assignaient avec doute Lindley dès 1847 et Decaisne en 1868.

Elles diffèrent toutefois profondément des Rubiacées et de toutes les familles voisines par une foule de caractères, notamment par l'absence de stipules, par la remarquable structure de la tige, par la zygomorphie de la fleur et la singulière conformation de l'androcée, par la nature du fruit, etc., tous caractères qui lui assurent dans cette alliance une place à part.

(1) Ph. van Tieghem, *L'œuf des plantes considéré comme base de leur Classification* (Ann. des Sc. nat., 8e série, Bot., XIV, p. 343, 1901).

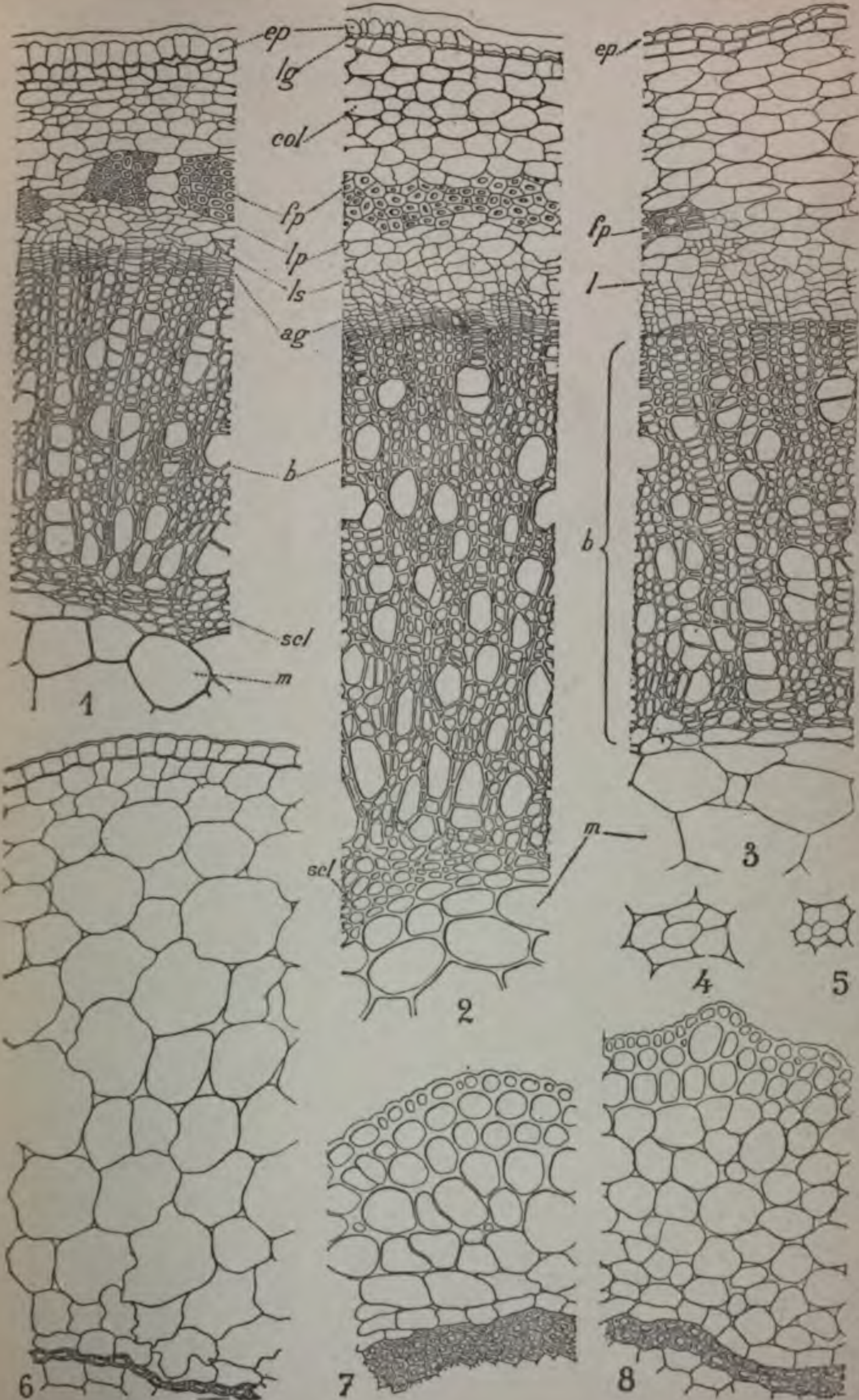
(2) *Loc. cit.*, p. 359.

(3) *Loc. cit.*, p. 340.

(4) *Loc. cit.*, p. 350.

Dans le Mémoire d'ensemble cité plus haut, n'ayant pas encore fait alors de ces plantes une étude particulière, m'étant borné à constater que l'ovule y est transpariété unitegminé, je me suis rattaché à l'opinion la plus généralement admise en les classant à côté des Gesnériacées dans l'alliance des Solanales (1). Il y a donc lieu maintenant de les déplacer un peu à l'intérieur du même ordre. Mais dans cette nouvelle situation comme dans l'ancienne, et bien qu'à présent mieux connues, les Collumelliacées demeurent une famille très isolée et c'est, à mon avis, ce qui leur donne, au point de vue de la Science générale, un très grand intérêt.

(1) *Loc. cit.*, p. 349.



Ph. Eberhardt del. et sc.

MASSON ET Cie, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE — 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS (VIe).

GUIDES DU TOURISTE, DU NATURALISTE & DE L'ARCHÉOLOGUE

Publiés sous la direction de M. Marcellin BOULE

Vient de paraître :

LA SAVOIE

PAR MM.

J. RÉVIL
PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ
D'HISTOIRE NATURELLE DE LA SAVOIE

J. CORCELLE
AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ

VOLUMES PUBLIÉS

Le Cantal, par M. BOULE, docteur ès sciences, et L. FARGES, archiviste-paléographe.

La Lozère, par E. CORD, ingénieur-agronome, G. CORD, docteur en droit, avec la collaboration de M. A. VIRÉ, docteur ès sciences.

Le Puy-de-Dôme et Vichy, par M. BOULE, docteur ès sciences, Ph. GLANGEAUD, maître de conférences à l'Université de Clermont, G. ROUCHON, archiviste du Puy-de-Dôme, A. VERNIÈRE, ancien président de l'Académie de Clermont.

La Haute-Savoie, par MARC LE ROUX, conservateur du Musée d'Annecy.

Chaque volume in-18, relié toile anglaise avec figures et cartes en couleurs.
Prix........................ 4 fr. 50

En préparation :

Le Velay ; les Alpes du Dauphiné

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE CAHIER

TABLE DES PLANCHES ET DES FIGURES DANS LE TEXTE

CONTENUES DANS CE CAHIER

1974-99 — Corbeil. Imprimerie Éd. Crété.

[illegible] ANNÉE. — VIIIe SÉRIE.   Nos 4 à 6.



ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉES SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME XVIII. — Nos 4 à 6.

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain

1903

Paris, 30 fr. — Départements et Étranger, 32 fr.
Ce cahier a été publié en Janvier 1904.

Conditions de la publication des Annales des sciences naturelles

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. PH. VAN TIEGHEM.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches et les figures dans le texte correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à XVIII sont complets.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. EDMOND PERRIER.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à XVIII sont complets.

Prix de l'abonnement à 2 volumes :

Paris : 30 francs. — Départements et Union postale : 32 francs.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées, pour la partie géologique, par M. HÉBERT, et pour la partie paléontologique, par M. A. MILNE-EDWARDS.

Tomes I à XXII (1879 à 1891). Chaque volume .... 15 fr.

Cette publication est désormais confondue avec celle des *Annales des Sciences naturelles*.

Prix des collections.

PREMIÈRE SÉRIE (Zoologie et Botanique réunies), 30 vol.		(*Rare*)
DEUXIÈME SÉRIE (1834-1843).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
TROISIÈME SÉRIE (1844-1853).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
QUATRIÈME SÉRIE (1854-1863).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
CINQUIÈME SÉRIE (1864-1874).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
SIXIÈME SÉRIE (1875 à 1884).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
SEPTIÈME SÉRIE (1885 à 1894).	Chaque partie 20 vol.	300 fr.
GÉOLOGIE, 22 volumes.		330 fr.

RECHERCHES

SUR LE

MODE DE FORMATION DES TUBES CRIBLÉS

DANS LA RACINE

DES CRYPTOGAMES VASCULAIRES ET DES GYMNOSPERMES

PAR

M. G. CHAUVEAUD

Il y a une dizaine d'années environ nous avons entrepris des recherches relatives au mode de formation des premiers tubes criblés de la racine, dans les différents groupes de plantes vasculaires. Depuis lors, nous avons fait connaître ce mode de formation, chez les Monocotylédones (1), ensuite chez les Dicotylédones (2), puis par diverses notes qui seront ultérieurement indiquées, certains des résultats obtenus chez les Cryptogames vasculaires et chez les Gymnospermes, auxquelles le présent mémoire est consacré.

Dans ce travail, nous exposerons nos recherches, d'abord sur les Cryptogames vasculaires, ensuite sur les Gymnospermes, qui formeront un chapitre à part, et comme un quatrième mémoire. En effet, étant données, d'une part, les ressemblances nombreuses offertes par le développement des premiers tubes criblés, chez les Monocotylédones et chez les Dicotylédones, et, d'autre part, les différences assez grandes que présente ce développement chez les Cryptogames vasculaires et chez les Gymnospermes, il serait plus

(1) *Recherches sur le mode de formation des tubes criblés dans la racine des Monocotylédones* (Ann. des Sc. nat., 8e série, t. IV).

(2) *Recherches sur le mode de formation des tubes criblés dans la racine de Dicotylédones* (Ann. des Sc. nat., 8e série, t. XII).

logique de réunir, dans un même mémoire, l'histoire de ce développement relative aux Monocotylédones et aux Dicotylédones et de la séparer pour les Cryptogames vasculaires et pour les Gymnospermes.

Cryptogames vasculaires.

Le développement des premiers tubes criblés n'a donné lieu jusqu'ici à aucune publication spéciale, pour la racine des Cryptogames vasculaires, comme pour la racine des Phanérogames. D'ailleurs, avant nos recherches, on n'accordait aucune importance particulière, aux tubes criblés qui se montrent les premiers, dans la racine, et l'on était habitué à ranger, dans une seule catégorie, tous les tubes criblés, quel que soit l'ordre de leur formation. En ce qui concerne le développement de la racine des Cryptogames vasculaires, il existe, au contraire, des travaux nombreux qui nous ont fait connaître comment les principales régions, dont se compose cette racine, tirent leur origine d'une cellule initiale de forme le plus souvent tétraédrique. Parmi ces travaux, il convient de signaler, en premier lieu, les mémoires si considérables où mon éminent maître a exposé, d'une part, la structure de la racine adulte (1), et d'autre part, l'origine de cette racine et des racines latérales (2).

Des nombreux résultats obtenus par M. Van Tieghem, il en est un, relatif à la séparation de l'écorce et de la stèle, qui contredit la manière de voir de tous les auteurs précédents. Pour ces auteurs, c'est la cloison de séparation entre l'écorce et la stèle qui apparaît la première. Pour M. Van Tieghem, au contraire, cette cloison n'est primitive que dans un certain nombre de plantes qui, précisément, n'ont pas été étudiées par les auteurs précédents ; tandis que dans la plupart des cas, elle n'apparaît qu'après la formation de

(1) Ph. Van Tieghem, *Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires* (Ann. des Sc. nat., 5e série, t. XIII).

(2) Ph. Van Tieghem et Douliot, *Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires* (Ann. des Sc. nat., 7e série, t. VIII).

la cloison médio-corticale qui sépare l'écorce externe du reste de la stèle (1). Or, cette opinion de M. Van Tieghem se trouve confirmée, ainsi qu'on le verra plus loin, sur toutes les Fougères dont nous avons suivi le développement.

Dans ces divers travaux, on ne se proposait pas l'étude détaillée des différents tissus et en particulier celle du tissu criblé. Toutefois il y a certaines recherches, portant sur un plus petit nombre de types, dans lesquelles les auteurs ont suivi le développement jusqu'à la transformation complète des tissus de la racine. Parmi ces recherches, il faut mentionner surtout celles de Nägeli et Leitgeb (2) d'une part, et celles de Russow (3) d'autre part. Presque tous les exemples qui ont été étudiés ainsi complètement, dans le détail de leurs tissus, ne possèdent qu'un petit nombre de cellules dans une stèle de taille réduite. En particulier, dans ces exemples, les premiers tubes criblés occupent une place prépondérante, en raison du petit nombre des autres tubes criblés qui leur font suite ; aussi se trouvent-ils signalés dans les descriptions dont nous parlons.

C'est exactement ce qui s'est passé, parmi les Monocotylédones et les Dicotylédones, pour quelques plantes aquatiques notamment où la stèle se trouve réduite à un petit nombre de cellules. Dans ces plantes, les premiers tubes criblés sont persistants et souvent persistent, sans addition de tubes criblés nouveaux ; aussi ces premiers tubes criblés avaient-ils été décrits par les auteurs.

Mais, même dans les cas particuliers où les premiers tubes criblés ont été étudiés, leur origine n'a pas été établie exactement, ainsi que nous l'avons indiqué déjà dans une note préliminaire à propos des Fougères (4).

(1) Ph. Van Tieghem, *Sur la limite du cylindre central dans les Cryptogames vasculaires* (Journ. de Bot., t. II, p. 369, 1888).

(2) Nägeli et Leitgeb, *Entstehung und Wachsthum der Wurzeln* (Nägeli's Beiträge, 1868).

(3) Ed. Russow, *Vergleichende Untersuchungen* (Mém. de l'Acad. Imp. des Sc. de Saint-Pétersbourg, sér. 7, vol. XIX, 1872).

(4) G. Chauveaud, *De la formation du péricycle dans les Fougères* (Bull. du Mus. d'Hist. nat., 1901, p. 277.)

Afin de préciser complètement leur origine, nous décrirons en détail le développement complet de la racine, à partir de la cellule initiale. Cela nous permettra, en outre, de donner aux différents secteurs, issus de cette initiale, une interprétation en rapport avec leur destinée. Nous verrons que, dès le début, chaque secteur aura pour nous une signification particulière, en même temps que nous lui accorderons une autonomie qu'il conserve pendant toute la durée de la racine. Nous allons prendre pour type, dans le grand groupe des Filicinées, un exemple que nous suivrons, pas à pas, dans toutes les phases de son développement et nous emprunterons ensuite, aux grandes familles de cette classe, un ou plusieurs autres exemples que nous étudierons surtout au point de vue spécial qui nous occupe ici.

Filicinées.

Lygodium scandens (fig. 1 à 6, pl. II). — Dans la racine de cette plante, le segment détaché, sur la face externe de la cellule tétraédrique initiale, ne se dédouble qu'une seule fois parallèlement à cette face. De plus, il s'exfolie ensuite assez rapidement, de telle sorte que l'on ne trouve que deux de ces segments dédoublés, coexistant à l'extrémité de cette racine, pour former la coiffe, qui est parmi les plus minces que l'on rencontre dans le groupe des Fougères.

Chacun des segments, détachés parallèlement aux trois faces internes de la cellule initiale, se divise de son côté, tout d'abord, par une cloison tangentielle médio-corticale en une portion externe et une portion interne. La portion externe correspond à l'écorce externe et se divise d'ordinaire, par des cloisons radiales et tangentielles, de façon à acquérir une épaisseur de quatre assises cellulaires. La portion interne produit l'écorce interne et la stèle, de la manière suivante : chaque portion interne se divise, par une cloison presque radiale (F, fig. 1), en deux cellules inégales, ce qui donne pour l'ensemble, considéré sur des

coupes transversales, six secteurs dont trois grands (S_1, S_2, S_3), réunis au centre, alternent régulièrement avec trois petits (s_1, s_2, s_3), qui arrivent seulement à une certaine distance du centre. Chacun des six secteurs ainsi produits va se subdiviser dans la suite un assez grand nombre de fois, mais pendant toute la durée de la racine il conserve une certaine autonomie. C'est seulement dans la région voisine du centre que sa limite sera plus tard moins facile à distinguer; cependant la chose est toujours possible, surtout quand on a suivi le développement dans toutes ses phases. Il en résulte que l'on peut regarder tous les éléments fournis par un secteur comme plus étroitement liés entre eux qu'ils ne le sont avec les éléments appartenant aux autres secteurs.

Dans chacun des six secteurs, il se fait une première cloison tangentielle (I, fig. 1) qui les divise en une portion interne, correspondant à la stèle, et une portion externe représentant l'écorce interne. Ainsi on le voit, conformément à l'opinion de M. Van Tieghem, la séparation de l'écorce et de la stèle se fait après la séparation de l'écorce externe, et même, après la formation des six secteurs par les cloisons radiales (F, fig. 1). Ensuite, une autre cloison tangentielle (2, fig. 1) apparaît, en dehors de la précédente, subdivisant l'écorce interne en deux assises qui sont l'endoderme (E, fig. 5) et l'assise sus-endodermique (E', fig. 5). Ces deux assises demeurent indéfiniment simples et ne prennent aucune cloison radiale; aussi trouve-t-on toujours, en coupe transversale, six cellules endodermiques et six cellules sus-endodermiques. Ces cellules exactement superposées indiquent, pendant toute la durée de la racine, la limite externe des six secteurs primitifs.

Une seconde cloison tangentielle (II, fig. 1) se fait en dedans de la première et détache, sous l'endoderme, l'assise que l'on considérait comme le péricycle, mais qui comprend en outre les premiers tubes criblés et que pour cette raison nous appellerons région périphérique. Enfin, une autre

cloison tangentielle (III, fig. 1) se forme en dedans de la précédente et donne une région moyenne et une région centrale. Mais cette cloison ne se montre d'abord que dans les trois grands secteurs (fig. 2), tandis que les précédentes cloisons s'établissaient également dans les six secteurs.

Ensuite la région périphérique se partage, dans chaque secteur, par une cloison radiale (*p*, fig. 2), en deux cellules égales donnant ainsi douze cellules périphériques.

A partir de ce moment, la symétrie cesse par rapport à l'axe de la racine et l'on doit considérer en particulier chaque secteur. L'un des petits secteurs (s_1, fig. 3) acquiert une troisième cloison tangentielle (III, fig. 3), qui dédouble sa région interne en région moyenne et région centrale. Le plan qui passe par le milieu de ce petit secteur (s_1) et par le milieu du grand qui lui est opposé (S_2) est un plan de symétrie de la racine. Toutefois cette symétrie n'est pas complète, car les deux moitiés ne sont pas superposables, le grand et le petit secteur étant disposés en ordre inverse de part et d'autre de ce plan de symétrie.

C'est maintenant que va se produire le cloisonnement qui doit donner naissance à la cellule mère des premiers tubes criblés. Une des cellules de l'assise périphérique grossit plus que les autres cellules de la même assise et se divise par une cloison tangentielle (*c*, fig. 3) en deux cellules filles (*m*, N), de taille à peu près égale au début, superposées l'une à l'autre. Si ce dédoublement tangentiel se fait dans le grand secteur (S_1) situé d'un côté du plan de symétrie que nous venons d'indiquer, le même dédoublement se fait dans le petit secteur (s_2) situé de l'autre côté de ce plan, et sa disposition est telle, que les deux cellules qui en sont le siège se trouvent diamétralement opposées l'une à l'autre. Si l'une est contiguë au bord inférieur (H) du grand secteur d'un côté, par exemple, l'autre sera contiguë au bord supérieur (H') du petit secteur de l'autre côté. Ces deux bords se trouvent d'ailleurs dans le prolongement l'un de l'autre, et forment ensemble une ligne brisée (HH'), que l'on peut

considérer comme correspondant à un diamètre de la stèle. Si l'on place la coupe de façon que ce diamètre (HH') soit horizontal, l'une des cellules mères sera au-dessus de ce diamètre, tandis que l'autre se trouvera au-dessous. Par exemple, la cellule-mère située à gauche (*m'*, fig. 3) sera au-dessus de ce diamètre et appartiendra à un grand secteur, tandis que la cellule mère de droite (*m*, fig. 3) sera au-dessous du même diamètre et appartiendra à un petit secteur.

Désormais, pour distinguer commodément les différents secteurs de la racine, il nous suffira d'orienter toujours les coupes de cette manière. Les trois secteurs situés au-dessus du diamètre horizontal ainsi défini, seront, de gauche à droite : le secteur supérieur gauche (S_1), le secteur supérieur médian (s_1) et le secteur supérieur droit (S_2). De même les trois autres secteurs situés au-dessous seront : le secteur inférieur gauche (s_3), le secteur inférieur médian (S_3) et le secteur inférieur droit (s_2). On peut encore arriver à une précision plus grande et plus concise en orientant les coupes non seulement de manière que le diamètre (H H') contigu aux deux cellules mères (*m*, *m'*) des premiers tubes criblés soit horizontal, mais encore que la cellule mère *m'* appartenant au grand secteur (S_1) soit placée à gauche et au-dessus du diamètre horizontal. On aura alors simplement : le petit secteur gauche (s_3), le grand secteur gauche (S_1), puis le petit secteur droit (s_2), le grand secteur droit (S_2), le secteur inférieur et le secteur supérieur, ou, ce qui revient au même, le grand secteur médian (S_3) et le petit secteur médian (s_1). En anticipant sur le développement, nous devons dès maintenant faire remarquer que les deux secteurs, qui dans cette orientation, deviennent les secteurs médians, transformant leurs régions moyenne et centrale en vaisseaux ligneux, nous pouvons déjà les appeler secteurs ligneux; et nous dirons : le secteur ligneux inférieur ou grand secteur ligneux (S_3), le secteur ligneux supérieur ou petit secteur ligneux (s_1). Comme,

d'autre part, les deux faisceaux libériens sont produits entièrement : le faisceau libérien gauche par le grand et le petit secteur gauche (S_1, s_3), le faisceau libérien droit par le grand et le petit secteur droit (S_2, s_2), nous appellerons secteurs libériens ces quatre secteurs latéraux. Nous aurons ainsi deux secteurs libériens à droite (S_2, s_2) et deux secteurs libériens à gauche (S_1, s_3), que l'on distinguera l'un de l'autre en disant, par exemple, le petit secteur libérien gauche ou secteur libérien gauche inférieur (s_3) et le grand secteur libérien gauche ou secteur libérien gauche supérieur (S_1). Nous supposerons donc toujours, dans la suite de notre description, toutes les coupes orientées ainsi que nous venons de l'indiquer.

A cette phase du développement (fig. 3), nous avons vu que la stèle se trouve subdivisée en une région périphérique, une région moyenne et une région centrale. La région périphérique fournit deux cellules superposées (*m*, N) et une cellule demeurée indivise, dans le petit secteur droit, de même que dans le grand secteur gauche. Dans chacun des autres secteurs, elle produit deux cellules situées côte à côte. Cela fait en tout quatorze cellules, dont les douze externes méritent seules le nom de péricycle, puisque les deux internes (*m*, *m'*) vont être employées à produire les premiers tubes criblés.

Chacune de ces deux cellules se divise, par une cloison radiale (*b*, fig. 4), en deux cellules à peu près égales, qui évolueront plus tard, directement, et deviendront les deux premiers tubes criblés de chaque côté (*t*, *t*, fig. 4 et 5).

La région moyenne fournit, dans le grand secteur gauche (S_1), une cloison presque radiale (*a*, fig. 3) qui la partage en deux cellules peu différentes, situées côte à côte, puis de ces deux cellules, la supérieure se dédouble, par une cloison tangentielle (*f*, fig. 4), en deux cellules superposées dont l'externe se partagera, plus tard, par une cloison radiale (*n*, fig. 5); tandis que la cellule située en dedans des deux premiers tubes criblés se partagera de même, par une cloison

radiale (*l*, fig. 5), ce qui donne cinq cellules pour la région moyenne de ce secteur.

Dans le petit secteur ligneux ou supérieur (s_1), la région moyenne se divise seulement, par deux cloisons radiales (*d*, *e*, fig. 3), en trois cellules disposées côte à côte.

Dans le grand secteur droit, la région moyenne se divise par une cloison tangentielle (*g*, fig. 4) en deux cellules superposées, puis chacune de ces cellules se partage à son tour par une cloison radiale, ce qui donne quatre cellules superposées deux à deux. Plus tard, la cellule externe supérieure se partage en deux, par une cloison radiale (*o*, fig. 5), et cela donne aussi cinq cellules pour la région moyenne de ce grand secteur S^2.

Dans le petit secteur droit (s^2), la région moyenne est divisée, par une cloison très oblique (*h*, fig. 4), en deux cellules superposées, dont l'interne ou supérieure se partage, par une cloison presque radiale (*q*, fig. 5), en deux cellules placées côte à côte; tandis que l'externe se dédouble par une cloison tangentielle (*r*, fig. 5) en deux cellules superposées dont l'externe se partage encore par une cloison radiale (*x*, fig. 5) en deux cellules sous-péricycliques, et cela fait encore cinq cellules produites aux dépens de la région moyenne du petit secteur droit s_2.

Le grand secteur ligneux (S^3) partage sa région moyenne, comme son opposé le petit secteur ligneux (s_1), en trois cellules sous-péricycliques par les deux cloisons radiales successives (*i*, *j*, fig. 4).

Enfin, dans le petit secteur gauche (s^3), une cloison tangentielle (*u*, fig. 4) donne deux cellules superposées dont l'interne demeure indivise, tandis que l'externe se partage en trois cellules sous-péricycliques successivement, par une première cloison radiale (*k*, fig. 4), puis par une seconde cloison radiale (*y*, fig. 5), ce qui fait quatre cellules pour ce dernier secteur.

Telle est la marche du cloisonnement que l'on peut observer dans le développement de la région moyenne et qui aboutit

en définitive à la production des vint-cinq cellules que nous venons d'énumérer.

La région centrale ne produit, après sa délimitation, aucune cloison; elle demeure représentée seulement par les quatre grandes cellules qui correspondent chacune à l'un des trois grands secteurs et au petit secteur ligneux.

Connaissant le nombre et la disposition de ces cellules, il nous reste maintenant à signaler la modification spéciale que subit chacune d'elles. La première modification que l'on constate, à partir du méristème terminal, est offerte par les premiers tubes criblés, qui épaississent peu à peu leur paroi et acquièrent, de très bonne heure, leur maximum de différenciation. Quand ils ont atteint cette phase (*t*, fig. 5), ils présentent une section plus ou moins arrondie, leurs faces transversales ont des cribles bien distincts et leur paroi longitudinale offre de nombreuses ponctuations plus ou moins régulièrement disposées. C'est d'abord le tube criblé le plus voisin du diamètre horizontal (HH') qui se différencie le premier, l'autre se différencie un peu plus tard. En se différenciant ainsi, le premier tube criblé, de chaque côté, s'insinue un peu, entre deux cellules de l'assise périphérique contiguës, mais situées de part et d'autre du diamètre horizontal, et se trouve quelquefois placé entre les deux secteurs voisins, de telle manière qu'il peut devenir difficile de dire auquel des deux secteurs il appartient, si l'on n'a pas suivi les diverses phases de son développement.

Dans chaque faisceau libérien, de nouveaux tubes criblés s'ajoutent aux deux premiers, mais tous ces nouveaux tubes sont formés aux dépens de la région moyenne et les deux secteurs libériens, de chaque côté, concourent à leur production.

Pour le faisceau droit, c'est la cellule sous-péricyclique du grand secteur droit (S_2), voisine du premier tube criblé droit, qui évolue en tube criblé ; puis la cellule sous-péricyclique, qui lui fait suite, peut évoluer à son tour de la même manière, en même temps qu'une ou plusieurs des cellules

du petit secteur droit (s_2), voisines des premiers tubes criblés, subissent la même transformation. D'ailleurs, tous les nouveaux tubes criblés ne présentent aucune particularité spéciale, et même quand ils ont acquis leur maximum de différenciation, ils n'offrent jamais, à un degré aussi élevé que les deux premiers, l'aspect caractéristique tel qu'on peut le voir représenté (t, fig. 5).

A gauche, c'est la cellule sous-péricyclique voisine du premier tube criblé, appartenant au secteur gauche (s^3) qui évolue en tube criblé, puis la cellule sous-péricyclique voisine peut évoluer à son tour, en même temps qu'une ou plusieurs cellules du grand secteur gauche (S_1), voisines des premiers tubes, évoluent pareillement en tubes criblés.

Tous ces tubes criblés, qu'ils soient d'origine périphérique ou d'origine moyenne, sont séparés de l'endoderme par une assise continue qui représente le péricycle (P, fig. 4 et 5).

Si l'on fait abstraction de l'origine et de l'ordre du développement que nous venons d'indiquer, les deux faisceaux libériens formés à cette phase, chacun par quatre ou cinq tubes criblés (t, t, t_1, t_1, fig. 6), paraissent symétriques l'un de l'autre. En même temps, s'établit la symétrie des deux faisceaux ligneux représentés au début, le supérieur par un petit secteur (s_1) et l'inférieur par un grand secteur (S^3). C'est après la différenciation des premiers tubes criblés qu'on voit les premiers vaisseaux se différencier. Tout d'abord, c'est la cellule médiane de la région moyenne du petit secteur supérieur et du grand secteur inférieur (v, fig. 6) qui se transforme en vaisseau; ensuite, chacune des cellules (v_1) situées de part et d'autre de ce premier vaisseau se transforme de même; ce qui donne trois vaisseaux disposés côte à côte, dans chaque faisceau ligneux, et, de ces trois vaisseaux, c'est d'ordinaire le médian ou le premier différencié (v) qui est le plus petit. Plus tard, la cellule placée en dedans de ces vaisseaux, et qui correspond à la région centrale (V, fig. 6) de chacun des secteurs, se transforme en un vais-

seau plus grand que les précédents et cela donne quatre vaisseaux pour chaque faisceau ligneux.

Ces quatre vaisseaux sont formés aux dépens de la région moyenne et de la région centrale de chaque secteur médian qui sont employées entièrement à les produire. A cet état du développement de la racine, et en ne considérant que sa portion intrapéricyclique, le faisceau ligneux supérieur (s_1) se confond exactement avec le petit secteur supérieur, de même que le faisceau ligneux inférieur se confond exactement avec le grand secteur inférieur (S^3). Ces deux faisceaux ligneux paraissent cependant symétriques. Cette apparence est due à ce que le petit secteur s'est accru peu à peu dans le sens du rayon, puis a acquis une cloison tangentielle (III, fig. 3) qui l'a subdivisé en région moyenne et région centrale. En s'accroissant ainsi vers le centre, il refoule de part et d'autre les deux grandes cellules internes des deux grands secteurs latéraux. Bientôt ces deux grandes cellules se trouvent correspondre : la cellule de droite (B, fig. 6) au milieu du faisceau libérien droit, la cellule de gauche (A, fig. 6) au milieu du faisceau libérien gauche, de telle sorte qu'elles paraissent appartenir aussi bien au petit qu'au grand secteur libérien. Cela concourt à augmenter la symétrie que présente la racine, à cette époque avancée de son développement.

On peut donc appeler les deux secteurs médians (s_1, S^3), secteurs ligneux, ainsi que nous l'avons fait. Mais les quatre secteurs latéraux (s_3,S_1,S_2,s_2) ne méritent pas également le nom de secteurs libériens, car leur portion intrapéricyclique n'est pas entièrement employée à la production des faisceaux libériens. En effet, les deux grandes cellules (A,B, fig. 6), correspondant à la région centrale des deux grands secteurs latéraux (S_1, S_2), se transforment plus tard en vaisseaux qui représentent là les vaisseaux intermédiaires, que l'on rencontre, dans les autres végétaux, où ils servent de passage entre les formations primaires ou alternes et les formations secondaires ou superposées.

En dehors, les faisceaux libériens et ligneux se trouvent séparés de l'endoderme, par une assise formée de douze cellules qui présentent à présent sensiblement même forme et même taille. C'est cette assise (P, fig. 4) qui, seule, mérite le nom de péricycle. Par suite de l'accroissement particulier subi par les deux cellules (N, fig. 3) superposées aux premiers tubes criblés, ces tubes paraissent avoir été refoulés vers le centre, et il ne reste plus trace du dédoublement primitif des deux cellules périphériques.

Si nous n'avons pas insisté sur le nombre des tubes criblés qui complètent chaque faisceau libérien, c'est que ce nombre est variable, d'une racine à l'autre, et dépend beaucoup de la grosseur de la racine considérée. Nous avons choisi un exemple moyen, dans lequel les cellules stéliques sont au nombre de cinquante environ; mais souvent ce nombre est un peu plus élevé, en particulier dans les grosses racines. Dans ces cas, les éléments de la région moyenne surtout se cloisonnent davantage, car le péricycle demeure toujours formé de douze cellules, de même que l'endoderme et l'assise sus-endodermique sont formés chacun de six cellules.

En effet, ce n'est qu'exceptionnellement, et çà et là, qu'on trouve trois cellules péricycliques, par exemple, au lieu de deux dans un même secteur. Quand le nombre des éléments stéliques est plus considérable, chaque faisceau libérien comprend un plus grand nombre de tubes criblés, et chaque faisceau ligneux comprend un plus grand nombre de vaisseaux. Mais, même dans ce cas, la formation des premiers tubes criblés se fait toujours, aux dépens de la région périphérique, par le dédoublement d'une de ces cellules en deux points opposés. Ces premiers tubes criblés sont toujours au nombre de deux par faisceau et leur disposition, par rapport aux différents secteurs, demeure la même.

Adiantum setulosum (fig. 7, 8, Pl. III). — Aux trois faces internes de la cellule initiale de la racine, correspondent trois segments qui, après séparation d'une portion externe, par une cloison médio-corticale, divisent leur portion interne

en deux parties, pour donner les six secteurs primitifs dont trois grands (S_1, S_2, S_3, fig. 7), réunis au centre, alternent avec trois petits (s_1, s_2; s_3) assez éloignés du centre. Cette alternance étant régulière, il en résulte que la racine possède, à ce moment, une symétrie axile comme dans le *Lygodium*, mais cette symétrie disparaît très vite avec les progrès du développement. En effet, de très bonne heure, deux des secteurs se distinguent des autres parce qu'ils demeurent étroits, tandis que les quatre autres s'élargissent beaucoup. Ces deux secteurs étroits (s_1, S_3) sont opposés l'un à l'autre, et on peut, dès maintenant, les appeler secteurs ligneux, parce qu'ils sont destinés à produire les faisceaux ligneux.

Il se fait, dans chacun des six secteurs, une cloison tangentielle (I, fig. 7) qui sépare l'écorce interne et la stèle. Dans l'écorce interne, il se produit, peu après, un dédoublement tangentiel (2, fig. 7) qui donne naissance à l'endoderme (E, fig. 8) et à l'assise sus-endodermique. Là se borne le dédoublement de l'écorce interne qui, comme chez le *Lygodium*, ne se trouve formée que de deux assises. Mais, par contre, ces deux assises se divisent par plusieurs cloisons radiales, de telle sorte qu'au lieu d'avoir seulement six cellules endodermiques et six cellules sus-endodermiques, comme dans le *Lygodium*, il y en a dans l'*A. setulosum* un nombre beaucoup plus grand.

La portion stélique prend, dans chaque secteur, une première cloison tangentielle (II, fig. 7 et 8) qui isole vers l'extérieur une région périphérique, puis une seconde cloison tangentielle, qui sépare une région moyenne et une région centrale. Mais cette seconde cloison se produit seulement dans les trois grands secteurs et dans le petit secteur ligneux, comme pour le *Lygodium*. Ensuite, des cloisons radiales se montrent dans les diverses régions ainsi obtenues. D'abord, la région périphérique de la stèle se divise par une cloison radiale, située au milieu de chaque secteur, ce qui donne douze cellules périphériques. Une de ces cellules, appartenant à un grand secteur libérien (S_1) se

dédouble par une cloison tangentielle (*c*, fig. 7) en deux cellules superposées. La cellule périphérique opposée, appartenant à un petit secteur libérien (s_2), se dédouble de même en deux cellules superposées. Si dès lors on oriente les coupes, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment, de façon que le petit secteur ligneux étant supérieur, le grand secteur libérien, dont une cellule périphérique vient de se dédoubler tangentiellement, soit à gauche, nous constaterons que la cellule périphérique dédoublée du petit secteur (s_2), est située au-dessous du diamètre horizontal (HH') à droite, tandis que la cellule dédoublée du grand secteur (S_1) est au-dessus de ce diamètre à gauche. De chaque côté, la cellule interne provenant du dédoublement tangentiel se partage, par une cloison radiale (*b*, fig. 7), en deux cellules de même taille (*m*, *m*, fig. 7). Ces deux cellules, quadrangulaires au début, et situées côte à côte, sont les cellules mères des premiers tubes criblés. Un peu après, la cellule externe, née du dédoublement tangentiel, se partage aussi par une cloison radiale en deux cellules situées côte à côte.

Dans le grand secteur gauche (S_1), l'autre cellule périphérique se dédouble aussi un peu plus tard, par une cloison tangentielle (*c*, fig. 7), en deux cellules superposées qui se partagent à leur tour, par une cloison radiale, de façon à donner quatre cellules superposées deux par deux. Dans le petit secteur droit (s_2), l'autre cellule périphérique se subdivise de la même manière, en quatre cellules superposées deux par deux. Dans le grand secteur droit (S_2) les deux cellules périphériques se subdivisent, chacune en quatre cellules superposées deux à deux, et la même subdivision se fait dans les deux cellules périphériques du petit secteur gauche (s_1). La marche des cloisonnements, que nous venons d'énumérer n'est pas simultanée dans tous les secteurs. C'est ainsi, par exemple, que le cloisonnement radial n'est pas encore effectué, dans la cellule superposée aux cellules mères des premiers tubes criblés, dans le grand secteur gauche (S_1, fig. 7).

Quand tous ces cloisonnements sont achevés, la région périphérique de chaque secteur libérien est donc composée de huit cellules, disposées quatre par quatre en deux assises superposées assez régulières. Quatre des cellules de l'assise interne, situées deux à gauche, au-dessus du diamètre horizontal (HH'), et deux à droite (*m*, *m*, fig. 7), au-dessous de ce même diamètre, doivent donner naissance aux premiers tubes criblés. Pour cela, chacune de ces cellules se divise par une cloison radiale, en deux cellules carrées de même taille, et l'on a de chaque côté quatre cellules semblables (*t*, *t*, *t*, *t*, fig. 8) disposées côte à côte en une seule assise. Ces quatre cellules évoluent ensuite directement, en autant de tubes criblés qui sont les premiers tubes criblés de cette racine.

En dedans de la région périphérique, qui seule a fourni tous les éléments dont nous venons de parler, il se produit aussi un cloisonnement actif pendant le même temps; mais ce cloisonnement ne présente pas, d'ordinaire, une régularité susceptible d'être décrite, et il aboutit à la formation d'un assez grand nombre d'éléments. Dans les deux petits secteurs libériens, ces éléments ont tous une taille à peu près semblable. Il en est de même pour les deux grands secteurs libériens, si l'on fait abstraction du grand élément interne qui correspond à la région centrale de chacun d'eux.

En effet, la région centrale ne se cloisonne pas, au moins dans la plupart des cas, et demeure représentée par des éléments de grande taille qui se transforment ultérieurement en vaisseaux ligneux, formations intermédiaires s'ajoutant aux faisceaux ligneux proprement dits, fournis par les secteurs ligneux.

Parmi les quatre premiers tubes criblés, c'est d'abord celui qui est contigu au diamètre horizontal qui manifeste les caractères particuliers de sa différenciation, puis celui qui le touche se différencie à son tour et ainsi de suite, de proche en proche, bien qu'il n'y ait d'ailleurs entre eux qu'une faible différence à ce point de vue. Quand ces tubes

ont acquis leur maximum de différenciation, ils présentent souvent une forme pentagonale, mais certains demeurent presque quadrangulaires, tandis que d'autres ont acquis une forme hexagonale. Ils ont une paroi notablement épaissie et leurs faces transversales sont munies de cribles bien distincts. Ces premiers tubes criblés sont disposés dans chaque faisceau en un arc régulier dont le bord interne se continue directement avec le bord interne de la région périphérique située de part et d'autre. Grâce à cette disposition, on peut, pendant toute la durée de leur existence, rattacher aisément les premiers tubes criblés à la région périphérique qui leur a donné naissance. Il est vrai que par la taille ils se montrent semblables aux éléments de la région moyenne, s'éloignant beaucoup, sous ce rapport, des autres éléments de la région périphérique qui ont tous une taille plus grande, ainsi qu'une forme et une disposition différentes.

La région périphérique qui se trouvait formée de deux assises superposées, provenant du dédoublement tangentiel de l'assise primitive unique, peut encore s'épaissir par un nouveau cloisonnement tangentiel. Ce cloisonnement, comme les précédents, n'est pas simultané dans toutes les cellules du pourtour de la stèle. On rencontre çà et là deux cellules superposées seulement (fig. 8), tandis que la plus grande partie est formée de trois assises dont les cellules sont disposées en séries radiales assez régulières. En particulier, la portion superposée aux premiers tubes criblés est encore demeurée, à gauche (fig. 8), formée de deux cellules superposées seulement; tandis qu'à droite la moitié de la cellule périphérique primitive s'est subdivisée en deux files de cellules, l'une de deux, l'autre de trois cellules superposées radialement. Ainsi, cette moitié primitive s'est cloisonnée de façon à présenter, en définitive, autant d'assises que la portion voisine. Ce sont ces trois assises qui constituent le véritable péricycle, lequel acquiert, comme on voit, un assez grand développement dans cette espèce

Chaque faisceau libérien s'élargit beaucoup par de nouveaux tubes criblés qui se différencient plus tard aux dépens de cellules situées au contact de la région périphérique, de part et d'autre des quatre premiers tubes criblés, puis il s'épaissit, à l'aide d'autres tubes criblés formés par les cellules situées en dedans des tubes criblés précédents. Le nombre des tubes criblés de chaque faisceau libérien est variable avec la grosseur de la racine, mais en général il est assez élevé dans cette Fougère.

Nous avons dit que les deux secteurs étroits (s_1, S_2, fig. 7 et 8) méritent le nom de secteurs ligneux. En effet, chacun de ces secteurs s'étant subdivisé par des cloisons tangentielles successives en région périphérique, région moyenne et région centrale, subit de très bonne heure, beaucoup plus tôt que dans le *Lygodium scandens*, un cloisonnement de sa région moyenne qui se dédouble une ou plusieurs fois tangentiellement. Puis deux cloisons radiales partagent la portion externe, provenant de ce dédoublement, en trois cellules de taille à peu près semblable. Ensuite, la cellule médiane ainsi formée (fig. 7) grandit plus que les deux autres et se divise à son tour en deux ou trois cellules, ce qui porte d'ordinaire à cinq le nombre des cellules ainsi placées côte à côte dans chaque secteur ligneux (fig. 8). Quelquefois la cellule médiane se divise, par une cloison tangentielle, en deux cellules dont l'interne est carrée ou rectangulaire, et l'externe pentagonale. Ces deux cellules demeurent le plus souvent plus petites que les autres. Dans ce dernier cas, c'est la cellule externe médiane qui se différencie avant les autres pour donner le premier vaisseau; puis la cellule interne se différencie, et ensuite, de part et d'autre, la cellule qui touche la cellule médiane et les autres après, de proche en proche. On a alors un arc de vaisseaux plus ou moins arrondis, au nombre de cinq à six. En dedans de cet arc, il peut y avoir une ou plusieurs cellules provenant du dédoublement de la région moyenne. Chacune de ces cellules se lignifie par voie centripète. Plus tard, la région centrale, qui ne se cloisonne

pas d'ordinaire, donne un seul grand vaisseau pour chaque secteur ligneux; alors se trouvent constitués les deux faisceaux ligneux qui correspondent exactement, à cette phase, à toute la portion intrapéricyclique des deux secteurs étroits (s_1, S_3) qui, pour cette raison, méritent bien ici aussi le nom de secteurs ligneux.

La forme de ces faisceaux ligneux est assez caractéristique; chacun d'eux comprend, à sa partie externe, un arc de cinq ou six petits vaisseaux de taille moyenne, et en dedans de cet arc, deux à quatre vaisseaux de grande taille disposés en file radiale.

Adiantum cardiochlæna (fig. 9, 10, 11, 12, Pl. III). — C'est cette plante que nous avions pris comme exemple pour indiquer, dans une note préliminaire (1), que les premiers tubes criblés prenant naissance aux dépens de l'assise périphérique de la stèle des Fougères, cette assise périphérique primitive ne doit pas être considérée comme un péricycle ayant son autonomie dès le début.

Nous l'avions choisie alors de préférence à l'*A. setulosum* par exemple, en raison du moins grand nombre de ses cellules et surtout parce que le péricycle y demeure d'ordinaire simple et permet mieux, par sa disposition ultérieure, de comprendre pourquoi il avait été confondu jusqu'alors avec la région périphérique toute entière.

La formation des six secteurs s'y fait comme dans le *Lygodium* et dans l'*A. setulosum* (fig. 9). L'écorce interne demeure aussi formée de deux assises seulement, mais l'assise sus-endodermique ne prend qu'une cloison radiale dans chacun des quatre secteurs libériens; cela porte à dix le nombre de ses cellules qui acquièrent une grande taille et rappellent, sous ce rapport, les cellules sus-endodermiques du *Lygodium scandens*.

Quand la région périphérique s'est divisée par une cloison radiale dans chacun des six secteurs, une cloison tangen-

(1) *De la formation du péricycle de la racine dans les Fougères* (Bull. du Mus. d'Hist. nat., 1901, p. 277).

tielle (*c*, fig. 10) se forme, dans deux de ses cellules diamétralement opposées, et c'est là le premier indice de la formation des premiers tubes criblés, qui nous permet d'orienter les coupes de la façon précédemment indiquée. La cellule interne détachée par cette cloison tangentielle se divise, par une cloison radiale, et donne deux cellules qui sont les cellules mères des premiers tubes criblés (*m*, *m*, fig. 10).

Chaque cellule mère, un peu plus tard, se divise à son tour par une autre cloison radiale en deux cellules égales qui évoluent directement en tubes criblés (*t*, *t*, *t*, *t*, fig. 11). On a donc enfin quatre premiers tubes criblés, de chaque côté, formés aux dépens de la région périphérique primitive.

Pendant que se forment ces tubes, les autres cellules de la région periphérique non dédoublées se partagent soit par une, soit par deux cloisons radiales successives, tandis que la cellule superposée aux premiers tubes criblés demeure indivise. En général, on a ainsi trois cellules périphériques, dans le grand secteur gauche (S_1) et dans le petit secteur droit (s_2), et quatre cellules dans chacun des deux autres secteurs libériens (s_3, S_2), les deux secteurs ligneux (s_1, S_3) conservant chacun leurs deux cellules indivises. Ces diverses cellules, à l'exception de celles des secteurs ligneux qui demeurent un peu aplaties radialement, acquièrent dans la suite une épaisseur assez grande et assez uniforme.

Plus tard de nouveaux tubes criblés s'ajoutent aux quatre premiers dans chaque faisceau libérien. Ces nouveaux tubes sont tous formés par la région moyenne. C'est d'abord aux dépens des cellules des secteurs (s_3 et S_2) placées au contact de la région périphérique qu'ils se différencient et, parmi ces cellules, ce sont les plus voisines des premiers tubes criblés qui se transforment en premier lieu. A un certain état du développement, on a de chaque côté huit tubes criblés complètement différenciés formant un arc continu en dedans du péricycle, et il semble alors que ces huit tubes criblés sont équivalents, tandis que quatre ont une origine périphérique et quatre une origine moyenne. Cette dispo-

sition, telle qu'on la voit réalisée (fig. 12), fait comprendre aisément pourquoi l'origine périphérique des premiers tubes criblés est restée jusqu'ici ignorée.

Acrostichum crinitum (fig. 13, 14, 15, Pl. III). — Dans cette racine, la portion externe des six secteurs primitifs correspondant à l'écorce interne, au lieu de demeurer formée de deux assises, l'endoderme et l'assise sus-endodermique, se divise par plusieurs cloisons tangentielles et acquiert un plus grand nombre d'assises. La portion interne de ces secteurs se divise de même par des cloisons tangentielles en trois régions superposées dans les trois grands secteurs ainsi que dans le petit secteur ligneux (s_1).

Ensuite la région périphérique se partage par une cloison radiale située au milieu de chaque secteur, mais, comme toujours, ce cloisonnement n'est pas simultané dans tous les secteurs, et l'on peut voir le dédoublement tangentiel, caractéristique de la formation des premiers tubes criblés, se montrer avant que le cloisonnement radial se soit effectué dans la région périphérique du petit secteur ligneux (s_1, fig. 13). La cellule interne provenant du dédoublement tangentiel se partage aussitôt, par une cloison radiale (*b*, fig. 11), en deux cellules égales qui sont les cellules mères (*m*, *m*) des premiers tubes criblés. Il y a deux cellules mères de chaque côté, correspondant aux deux secteurs libériens opposés (S_1, s_2) qui partagent encore par une cloison radiale la moitié non dédoublée de leur région périphérique. Dans les deux autres secteurs libériens (s_3, S_2), chaque moitié de la région périphérique se subdivise, par une cloison radiale, en deux cellules égales, ce qui fait quatre cellules périphériques pour chacun d'eux. La cellule périphérique superposée aux deux cellules mères (*m*, *m*) se divise à son tour, par une cloison radiale, en deux cellules égales qui atteignent peu à peu une taille comparable à celle des autres cellules périphériques non dédoublées. A une certaine phase du développement, la région périphérique est donc composée de deux cellules, pour chaque secteur ligneux (s_1, S_3), et de

quatre cellules pour chacun des quatre secteurs libériens, ce qui fait d'une part, vingt cellules disposées côte à côte, auxquelles il faut ajouter d'autre part, les quatre cellules mères (*m*, *m*, *m*, *m*) des premiers tubes criblés disposées deux par deux en dedans des précédentes. Bientôt ces cellules mères se partagent chacune, par une cloison radiale, en deux cellules filles égales qui vont évoluer en tubes criblés (*t*, fig. 14) directement, et cela nous donne huit cellules disposées, quatre par quatre, en deux arcs situés en dedans de l'assise formée par les vingt autres cellules périphériques.

Pendant que ces premiers tubes criblés se différencient, les cellules périphériques des secteurs libériens se dédoublent, chacune, par une cloison tangentielle, en deux cellules superposées d'égale taille et les cellules ainsi produites s'accroissent ensuite, ce qui donne à la région périphérique une certaine épaisseur (P, P_1, fig. 14). Les cellules périphériques des secteurs ligneux ne se dédoublent pas et quand elles se dédoublent, c'est seulement beaucoup plus tard, ce qui produit, entre les secteurs libériens et ligneux, une grande différence d'épaisseur pour la même région périphérique.

De nouveaux tubes criblés se différencient, plus tard, aux dépens des cellules de la région moyenne situées au contact des cellules périphériques, de part et d'autre des quatre premiers tubes criblés. On peut constater alors l'existence d'une dizaine de tubes criblés, disposés en une seule assise, formant de chaque côté un arc continu. Cet arc est séparé de l'endoderme, par deux assises qui méritent par conséquent le nom de péricycle, et il serait difficile alors de dire quels sont les quatre tubes qui ont la même origine que ce péricycle. Cette disposition peut déjà se deviner à gauche (fig. 14), bien que l'état représenté soit encore peu avancé.

On peut rencontrer dans cette racine des variations assez importantes. En particulier, les deux petits secteurs libériens peuvent se comporter de la même manière en ce qui concerne la production des premiers tubes criblés. Dans ce cas, la moitié périphérique supérieure du petit secteur

gauche (s_3) se dédouble, par une cloison tangentielle, en deux cellules superposées dont l'interne se partage par une cloison radiale en deux cellules égales. Ces deux cellules, un peu plus tard, se divisent chacune par une cloison radiale en deux cellules filles qui deviennent des tubes criblés. Ce petit secteur gauche a donc produit quatre premiers tubes criblés aux dépens de sa région périphérique. La cellule externe superposée aux deux cellules mères se partage de son côté par une cloison radiale, en deux cellules égales qui se dédoublent ensuite chacune par une cloison tangentielle, de telle sorte que les quatre tubes criblés, disposés côte à côte en dedans de ces deux assises péricycliques, ont absolument la même origine que les quatre premiers tubes criblés, issus du grand secteur gauche, avec lesquels ils forment un arc continu tel qu'on le voit (fig. 15). Les portions du péricycle, qui correspondent à ces deux groupes de tubes, ont aussi la même valeur par rapport à chacun d'eux. Quand le grand secteur droit se comporte aussi de cette manière, les deux faisceaux libériens présentent dès l'origine une symétrie complète.

Enfin, nous signalerons encore une modification qui peut s'observer dans le mode de formation des premiers tubes criblés de cette plante. Après le dédoublement tangentiel de la moitié périphérique du secteur qui donne naissance aux cellules mères des premiers tubes criblés, la cellule externe née de ce dédoublement se dédouble à son tour, par une cloison tangentielle, et la cellule interne qu'elle produit se divise, par une cloison radiale, pour donner deux autres cellules mères de tubes criblés superposées aux deux précédentes.

Chacune des quatre cellules mères ainsi produites se divise par une cloison radiale en deux cellules qui deviennent des tubes criblés. On a donc deux arcs de tubes criblés, superposés l'un à l'autre, et ces deux arcs ont la même origine périphérique. Ce cas peut se présenter à la fois dans plusieurs secteurs, surtout dans les grosses racines, mais il

paraît plutôt accidentel et se rencontre çà et là dans un secteur, ainsi que nous l'avons représenté dans le petit secteur droit (s_2, fig. 15), où l'on voit quatre premiers tubes criblés, superposés deux à deux, ayant tous la même origine périphérique : deux sont externes (t, t) et deux internes (t^o, t^o, fig. 15).

Polypodium vulgare (fig. 16, 17, Pl. III). — Quand les secteurs primitifs ont pris naissance, ils partagent de bonne heure leur portion externe (D_1, fig. 16) par des cloisons tangentielles en cinq, six assises et même davantage. On reconnaît de suite les deux secteurs ligneux (s_1, S_3) parce qu'ils sont beaucoup plus étroits que les autres ; ils partagent leur portion interne, par deux cloisons tangentielles successives (II, III), en trois régions, ainsi que les deux grands secteurs libériens. Les deux petits secteurs libériens prennent une cloison tangentielle (II) qui détache sous l'endoderme une région périphérique, mais il ne se produit pas d'ordinaire une subdivision régulière en région moyenne et région centrale.

Dans chacun des quatre secteurs libériens (s_3, S_1, S_2, s_2) il se forme une cloison radiale partageant en deux parties égales sa région périphérique, mais une telle cloison ne se produit pas dans les secteurs ligneux. La moitié périphérique du grand secteur gauche se dédouble, par une cloison tangentielle (c, fig. 16), et la cellule interne résultant de ce dédoublement se divise, par une cloison radiale, en deux cellules qui sont les cellules mères des premiers tubes criblés. Ces cellules (m, m, fig. 16) se divisent un peu plus tard, par une cloison radiale, pour donner chacune deux cellules qui se transforment ensuite directement en tubes criblés (t, fig. 17). La moitié périphérique du petit secteur droit (s_2) se dédouble, de la même manière, et l'on a de la sorte quatre premiers tubes criblés (t, t, t, t, fig. 17) de chaque côté. Pendant que se poursuit ce développement, la cellule externe superposée aux cellules mères se partage par une cloison radiale, tandis que l'autre moitié périphérique demeurée indivise se par-

tage aussi dans toute son épaisseur par une cloison radiale, ce qui aboutit à la formation de quatre cellules périphériques placées côte à côte dans chacun de ces deux secteurs libériens. Les deux autres secteurs libériens partagent de même chacune de leurs cellules périphériques par une cloison radiale, ce qui fait aussi quatre cellules pour chacun d'eux. Dans les secteurs libériens, les cellules de l'endoderme et les assises superposées se divisent plusieurs fois par des cloisons radiales, tandis que dans les secteurs ligneux ces assises ne se cloisonnent pas, et l'on peut voir qu'ils ne présentent qu'une seule cellule endodermique, à laquelle correspond une seule cellule sus-endodermique, les assises externes étant divisées présentent chacune au moins deux cellules par secteur.

Dans la plupart des cas, les cellules périphériques ne se dédoublent pas et le péricycle demeure simple dans toute son étendue, mais il est fréquent de voir certaines de ces cellules se dédoubler par une cloison tangentielle, sans que ce dédoublement offre la régularité qu'il présente dans d'autres plantes.

Les premiers tubes criblés acquièrent leur maximum de différenciation au niveau de la racine correspondant à la base de la coiffe; ils ont à ce moment (fig. 17) une taille un peu inférieure à celle des cellules de la région moyenne qui les avoisinent, leur forme est pentagonale ou hexagonale et leur paroi notablement épaissie. Plus tard, de nouveaux tubes criblés se différencient aux dépens des cellules, de la région moyenne, qui leur font suite dans le secteur libérien voisin, et plus tard encore, d'autres tubes se différencient à la fois dans les deux secteurs libériens voisins; de cette manière chaque faisceau libérien s'accroît en largeur et en épaisseur. Ces faisceaux sont en effet très larges, les faisceaux ligneux étant au contraire très étroits, ce qui correspond à ce que nous avons dit de l'étroitesse des secteurs ligneux. Cette étroitesse des secteurs ligneux paraît être une caractéristique du genre Polypode; elle se rencontre au moins chez les

diverses espèces que j'ai pu examiner et parmi lesquelles je citerai *P. muscifolium*, *P. decurrens* et *P. aureum*.

Doryopteris palmata (fig. 18, 19, Pl. III). — Les premiers cloisonnements dans cette racine, en prenant pour point de départ la cellule initiale, se font comme dans les cas précédents. Il y a formation de six secteurs dont trois grands alternent régulièrement avec trois petits. La région stélique une fois séparée se partage en trois régions concentriques, dans chacun des trois grands secteurs et dans le petit secteur ligneux; et, au niveau de la racine où la coiffe est épaisse de cinq assises cellulaires, on constate, dans la région périphérique de la stèle, l'apparition de la cloison tangentielle qui est la première indication relative à la formation des cellules mères des premiers tubes criblés.

A ce moment, la région périphérique est nettement indiquée, ses limites interne (II) et externe (I, fig. 18) sont fortement marquées, à peu près autant que les six lignes radiales qui correspondent à la séparation des six secteurs entre eux; toutes les autres cloisons étant représentées par des lignes moins épaisses. Toutefois cette région périphérique ne forme pas une couronne uniforme, comme cela se voit dans d'autres cas, les cellules qui la composent ont une forme variable dans les divers secteurs.

D'abord dans chaque secteur, cette région s'est divisée par une cloison radiale en deux moitiés à peu près égales. Dans deux secteurs opposés, le cloisonnement de cette région ne va pas plus loin et, à ce caractère, on peut distinguer déjà les deux secteurs ligneux. Dans l'un des grands secteurs libériens, une moitié de la région périphérique se dédouble, par une cloison tangentielle, en deux cellules superposées. C'est l'apparition de cette cloison, dont nous indiquions précédemment la signification, qui nous permet d'orienter désormais les coupes de cette racine, dans la position déjà décrite. En plaçant en haut le petit secteur ligneux (s_1), et à gauche le grand secteur (S_1) présentant le dédoublement de sa moitié périphérique, nous constaterons que le petit secteur

droit (s_2), qui est opposé à ce dernier, présente aussi le dédoublement tangentiel de la moitié de sa région périphérique. Cette moitié est contiguë au diamètre horizontal (H H') et au-dessous de lui, tandis que la moitié dédoublée du grand secteur gauche est contiguë à ce même diamètre et au-dessus de lui.

La cellule interne provenant de ce dédoublement se partage bientôt en deux cellules égales par une cloison radiale. Ces deux cellules sont les cellules mères (*m*, *m*, fig. 18) des premiers tubes criblés. Il y a ainsi deux cellules mères, de chaque côté, et elles occupent les unes par rapport aux autres la même situation que dans les cas précédents. L'autre moitié de la région périphérique, dans les deux secteurs opposés qui ont produit ces cellules mères, se partage dans toute son épaisseur, par une cloison radiale, et la cellule externe provenant du dédoublement tangentiel se partage aussi en deux parties égales par une cloison radiale. Dans les deux autres secteurs libériens (s_3, S_2), chaque moitié de la région périphérique se subdivise, dans toute son épaisseur, par une cloison radiale en deux cellules égales, ce qui donne pour chacun de ces secteurs quatre cellules disposées en une assise.

En définitive, la région périphérique de la stèle entière comprend vingt-quatre cellules. Elle forme une couronne, mince dans les secteurs ligneux où elle comprend deux cellules aplaties pour chacun d'eux, plus épaisse dans les secteurs libériens où elle comprend quatre cellules.

Plus tard, au niveau de la racine où la coiffe n'a plus que deux assises d'épaisseur, chaque cellule mère de la région périphérique se divise, par une cloison radiale, et l'on a de chaque côté quatre cellules filles qui vont se transformer directement en autant de tubes criblés.

Ces premiers tubes criblés s'intercalent entre les éléments voisins, acquièrent des angles plus ou moins marqués, ce qui fait que certains d'entre eux deviennent pentagonaux, tandis que d'autres demeurent carrés ou rectangulaires.

Au moment de leur maximum de différenciation, ces premiers tubes criblés (*t*, *t*, *t*, fig. 19) sont disposés en un arc régulier pour chaque faisceau libérien. En dehors de cet arc, les cellules périphériques de grande taille sont demeurées simples, tandis que les cellules périphériques voisines se sont dédoublées par une cloison tangentielle. Quelquefois toutes les cellules périphériques, à l'exception de celles qui se trouvents uperposées aux premiers tubes criblés, se dédoublent ainsi, d'autres fois il n'y a qu'un certain nombre des cellules périphériques qui se dédoublent ainsi (fig. 18, 19) et sans qu'on puisse dans ce cas constater une disposition régulière.

La région moyenne de chacun des quatre secteurs libériens se cloisonne, de son côté, pour produire un assez grand nombre de cellules, et c'est aux dépens de ces cellules, voisines des premiers tubes criblés, que de nouveaux tubes criblés vont prendre naissance et s'ajouter aux précédents pour compléter les faisceaux libériens.

La région moyenne des deux secteurs ligneux (s_1, S_3) se cloisonne, dans diverses directions, pour produire un certain nombre d'éléments qui se transforment tous en vaisseaux.

Pteris serrulata (fig. 20, Pl. IV). — Quand la stèle s'est divisée, dans les trois grands secteurs, en trois régions concentriques par deux cloisons tangentielles successives, la région périphérique délimitée dans les six secteurs se partage par une cloison radiale médiane pour chaque secteur. Puis dans chacun des quatre secteurs libériens (s_3,S_1,S_2,s_2), les deux cellules périphériques ainsi produites se divisent à leur tour, par une cloison radiale, en deux cellules égales pour donner quatre cellules périphériques disposées côte à côte dans chaque secteur libérien. En général, ce second cloisonnement radial ne s'effectue pas dans la région périphérique des secteurs ligneux (s_1, S_3), mais quelquefois il peut se présenter aussi dans ces secteurs. Alors l'un d'eux pourra avoir quatre cellules périphériques, tandis que

l'autre en aura trois seulement, comme cela a lieu dans l'exemple représenté (fig. 20). Malgré cela, les deux secteurs ligneux conservent toujours une étroitesse plus grande que les secteurs libériens.

Dans deux des secteurs libériens opposés (S_1, s_2), on voit alors deux cellules périphériques voisines se dédoubler, par une cloison tangentielle, chacune en deux cellules superposées. Ces cellules, au moment de se dédoubler, n'ont pas acquis une taille plus grande que les autres, de telle sorte que, aussitôt après leur division, les deux cellules filles qu'elles produisent n'occupent pas une épaisseur plus grande que les cellules périphériques demeurées indivises. Comme, d'autre part, ces cellules filles restent un certain temps sans accroître leur taille, on peut constater avec la plus grande évidence, pendant ce temps, que les cellules internes proviennent bien du dédoublement des cellules de l'assise périphérique primitive. Il est peu d'exemples, parmi les Fougères, où cette origine demeure aussi longtemps facile à constater. En effet, le plus souvent, la cellule périphérique, avant son dédoublement, est plus épaisse que ses voisines. En outre, la cellule fille externe aussitôt après sa naissance s'épaissit beaucoup, de façon à acquérir la même taille que les cellules périphériques demeurées indivises. Il en résulte que les cellules internes, qui sont les cellules mères des premiers tubes criblés, paraissent dès lors appartenir à une assise interne.

Souvent, dans le *P. serrulata*, ces cellules, au nombre de deux de chaque côté, évoluent directement en tubes criblés sans se cloisonner. Dans ce cas, la cellule périphérique primitive, qui se dédouble par une cloison tangentielle, est la cellule mère du premier tube criblé, et la cellule externe qui représente désormais le péricycle est sa cellule sœur.

D'autres fois les cellules internes, résultant du dédoublement des cellules périphériques, sont les cellules mères des premiers tubes criblés ; elles se divisent, par une cloison radiale, chacune en deux cellules filles qui se transforment

directement en tubes criblés et on a alors quatre tubes criblés de chaque côté. On constate d'ailleurs quelque irrégularité dans la formation des premiers tubes criblés de cette plante. Tantôt une seule des deux cellules internes, nées de l'assise périphérique, se divise en deux cellules filles, l'autre évoluant directement; tantôt la division d'une seule cellule interne ne se produit que d'un seul côté, et l'on a alors trois premiers tubes criblés d'un côté, et deux seulement du côté opposé. C'est ainsi que, dans l'exemple représenté (fig. 20), on trouve trois premiers tubes criblés à droite, et deux premiers tubes criblés à gauche. Cette irrégularité se rencontre chez les diverses espèces du genre *Pteris*, dont j'ai pu étudier le développement, en particulier dans le *P. Bauxi*; dans cette plante, les premiers tubes criblés demeurent très longtemps en dehors de l'arc formé par les autres tubes criblés qui leur font suite, dans le cours du développement. Les cellules périphériques, superposées à ces premiers tubes criblés, restent moins épaisses que les autres cellules périphériques voisines. Les nouveaux tubes criblés se différencient, aux dépens des cellules provenant des cloisonnements nombreux de la région moyenne, et en particulier aux dépens de ces cellules situées au contact de l'assise périphérique du secteur libérien voisin. On a bientôt, pour chaque faisceau, huit tubes criblés, par exemple quatre premiers d'origine périphérique formant un arc de cercle, et quatre nouveaux, ayant une origine moyenne, et formant un arc de cercle, de rayon beaucoup plus court, qui se raccorde avec le précédent par un cran très marqué.

A une époque plus avancée du développement, les premiers tubes criblés s'atrophient, puis deviennent plus ou moins indistincts. Les cellules périphériques qui leur sont superposées s'épaississent, au contraire, de façon à égaler la taille des autres cellules périphériques, et dès lors, la disposition asymétrique du début semble avoir complètement disparu. Les nouveaux tubes criblés forment un arc continu, dans les deux secteurs libériens, et cet arc est entouré par

une couronne de grandes cellules d'apparence semblable.

Cette asymétrie originelle peut d'ailleurs être effacée, d'une manière plus efficace et surtout plus précoce. On constate en effet que le secteur libérien, voisin du secteur qui produit d'ordinaire les premiers tubes criblés, peut se comporter de la même façon et donner aussi par dédoublement de sa région périphérique des premiers tubes criblés qui forment un arc continu avec les précédents. Dans certains cas, ce développement symétrique des deux secteurs libériens voisins se fait des deux côtés à la fois ; dans d'autres cas, il ne se produit que d'un côté seulement.

Didymochlæna lunulata (fig. 21, 22, Pl. IV). — Le nombre des cellules entrant dans la constitution de cette racine est assez considérable, aussi la marche du cloisonnement, surtout en ce qui concerne la région moyenne de sa stèle, est-elle assez compliquée. Chacun des six secteurs divise sa portion externe par plusieurs cloisons tangentielles en un certain nombre d'assises (D_1, fig. 21), et sa portion interne ou stélique en trois régions concentriques dans les grands secteurs (S_1, S_2, S_3) ainsi que dans le petit secteur ligneux (s_1). Dans les deux petits secteurs libériens (s_3, s_2) il se sépare de même une région périphérique, mais la région centrale est souvent séparée de la région moyenne par une cloison oblique et non pas tangentielle. On ne peut distinguer ici les faisceaux ligneux (s_1, S_1) par leur taille, car elle est peu différente de la taille des autres secteurs, mais ce qui permet toujours de les reconnaître, c'est la subdivision régulière qu'ils présentent toujours dès le début en trois régions superposées par des cloisons nettement tangentielles; tandis que les deux petits secteurs libériens opposés aux deux autres grands secteurs, même quand ils possèdent la subdivision de leur portion stélique en trois régions, ne présentent jamais leur cloison interne en direction aussi nettement tangentielle.

L'assise endodermique se divise en prenant une cloison radiale dans chacune des cellules des secteurs libériens.

Les secteurs ligneux présentent aussi ce cloisonnement radial, mais plus tard seulement. Dans le cas où la cellule endodermique primitive que l'on considère doit devenir la cellule mère d'une radicelle, elle demeure indivise pendant un temps très long et est par suite facile à distinguer en raison de sa grande taille. Le cloisonnement radial se poursuit dans l'endoderme et aboutit à la formation de trente-six cellules, dans une racine prise comme exemple, et toutes ces cellules acquièrent ensuite sensiblement la même forme et la même taille (E, fig. 22).

Quand la région périphérique de la stèle s'est partagée dans chaque secteur en deux parties égales, par une cloison radiale, une de ces parties se dédouble par une cloison tangentielle (*c*, fig. 21), à la fois, dans un grand secteur libérien (S_1) et dans le petit secteur (s_2) qui lui est opposé. C'est comme d'ordinaire la cellule interne ainsi produite qui va donner naissance par sa division radiale aux cellules mères des premiers tubes criblés. En général, il se produit deux cellules mères (*m*, *m*, fig. 21) de chaque côté qui donnent plus tard quatre tubes criblés, mais souvent, surtout dans les petites racines, il ne se forme qu'une seule cellule mère et l'on n'a alors que deux tubes criblés, cette réduction pouvant se produire soit d'un seul côté, soit des deux côtés à la fois.

La cellule externe née du dédoublement tangentiel se divise par une cloison radiale, les cellules périphériques non dédoublées se cloisonnent aussi radialement ; alors les cellules ainsi produites se dédoublent à leur tour chacune par une cloison tangentielle. Il résulte de ces divers cloisonnements la formation d'une couronne, à la périphérie de la stèle, composée de grandes cellules assez régulièrement superposées en deux assises (P, P, fig. 22). Souvent même un autre cloisonnement tangentiel se produit et l'on a une couronne formée de trois assises cellulaires, mais dans ce cas, çà et là, la couronne est réduite à deux assises, ce dernier dédoublement n'ayant pas frappé toutes les cellules du pourtour. C'est cette couronne qui représente ici le

péricycle, et comme les cellules superposées aux premiers tubes criblés demeurent longtemps moins épaisses que les autres, ces premiers tubes (*t*, *t*, *t*, fig. 22), restent comme enchâssés à l'intérieur de cette couronne à laquelle ils se montrent rattachés par cette situation, ainsi qu'on le voit nettement à droite (fig. 22).

Quand ces tubes criblés ont acquis leur maximum de différenciation, leur paroi est très épaissie et leur forme tend à s'arrondir, surtout à l'intérieur. Après, de nouveaux tubes criblés se différencient aux dépens des cellules sous-péricycliques des deux secteurs libériens voisins, et leur ensemble forme une bande largement étalée; puis d'autres cellules plus internes se transforment à leur tour pour accroître en épaisseur chaque faisceau libérien. Par suite des progrès de ce développement, les premiers tubes criblés (*t*, *t*, *t*) s'atrophient, et il arrive un état où il faut quelque attention pour retrouver leur trace qui n'existe plus que sous forme d'une ligne, plus épaisse que les autres, qui indique la superposition de leurs membranes. On voit cette ligne s'étendre de part et d'autre à mesure que les autres tubes criblés s'atrophient à leur tour. Les cellules péricycliques au contraire conservent leur grande taille et surpassent, surtout en épaisseur, les cellules endodermiques qui ont une forme aplatie.

Nephrolepis exaltata (fig. 23, Pl. IV). — La marche du cloisonnement de cette racine rappelle beaucoup celle que nous avons décrite dans le *Lygodium scandens*. Ici l'écorce interne (D_1, fig. 23) se compose de plusieurs assises et les deux secteurs ligneux ont une étroitesse comparable à celle que l'on trouve dans les Polypodes. La portion périphérique de la stèle se partage par une cloison radiale, dans chaque secteur et la moitié périphérique d'un grand secteur libérien (S_1) se dédouble tangentiellement (c_1, fig. 23) pour donner, vers l'intérieur, la cellule mère des premiers tubes criblés, tandis que le même dédoublement a lieu dans le petit secteur opposé (s_2). Certaines cellules périphériques

peuvent prendre encore une cloison radiale, mais elles ne se divisent pas tangentiellement.

D'ailleurs, les cellules superposées aux cellules mères demeurent moins épaisses que les autres cellules périphériques, et cela permet de constater aisément qu'elles n'ont pas la même valeur que les cellules non dédoublées. Chaque cellule mère se partage par une cloison radiale en deux cellules égales qui évoluent directement en tubes criblés. Ces premiers tubes, quand ils ont atteint leur maximum de différenciation, offrent une paroi épaissie surtout aux angles, ce qui augmente encore l'aspect arrondi qu'ils présentent.

Quelquefois l'une des cellules nées par cloisonnement radial de la cellule mère, au lieu de se différencier directement, se divise à son tour, par une cloison radiale, en deux cellules qui deviennent des tubes criblés et cela fait trois tubes criblés côte à côte. Les nouveaux tubes criblés qui s'ajoutent aux précédents, pour compléter le faisceau libérien, se différencient aux dépens des cellules de la région moyenne qui se trouvent en dedans des cellules périphériques du second secteur et de proche en proche à partir des précédents.

Alsophila australis (fig. 24, 25, Pl. IV). — Cette plante présente un mode de formation des premiers tubes criblés qui diffère de celui qui caractérise la plupart des Fougères.

La production des six secteurs a lieu comme d'ordinaire, la portion externe de chacun d'eux correspond à l'écorce interne (D_1, fig. 24), qui présente, d'assez bonne heure, un grand nombre d'assises parmi lesquelles l'endoderme et l'assise sus-endodermique ne se distinguent ni par la taille ni par la forme de leurs cellules. Les secteurs ligneux (s_1, S_3) sont reconnaissables par la division de leur portion stélique en trois régions nettement superposées ainsi que par leur étroitesse plus grande. Quand la région périphérique s'est divisée dans chaque secteur par une cloison radiale, l'une des parties ainsi formées dans le grand secteur droit (S_2) se dédouble par une cloison tangentielle (*c*, fig. 24), et la

moitié périphérique contiguë, appartenant au petit secteur droit (s_2), se dédouble de même par une cloison tangentielle (*c*, fig. 24). Chacune des deux cellules internes ainsi produites se partage, par une cloison radiale, en deux cellules égales qui sont autant de cellules mères (*m*, *m*) des premiers tubes criblés, ce qui donne quatre cellules mères dont deux appartiennent au grand secteur droit (S_2) et deux au petit secteur voisin (s_2). Les deux secteurs libériens opposés (s_3, S_1) se comportent exactement de la même manière, et l'on a, de chaque côté, quatre cellules mères placées symétriquement par rapport aux secteurs ligneux. Ce cloisonnement est achevé à gauche (fig. 24), tandis que la cloison radiale n'a pas encore séparé les deux cellules mères dans le grand secteur droit (S_2). Pendant que se forment ces cellules mères, les cellules qui leur sont superposées se divisent par une cloison radiale (*a*, fig. 17), les autres cellules périphériques non dédoublées en font autant et il y a alors quatre cellules périphériques dans chaque secteur. Quelquefois il se fait d'autres cloisons radiales et certains secteurs libériens présentent alors cinq ou six cellules périphériques situées côte à côte. Mais il arrive aussi que ce nombre est inférieur à quatre, par suite d'une réduction des cloisons radiales ; cela se voit souvent pour l'un ou l'autre des secteurs ligneux en particulier. Les cellules périphériques superposées aux cellules mères demeurent d'ordinaire simples, tandis que les autres se dédoublent, par une cloison tangentielle, chacune en deux cellules superposées et acquièrent ensemble une grande épaisseur.

Les cellules mères se divisent par une cloison radiale chacune en deux cellules égales et l'on a, de chaque côté, huit cellules disposées en un arc continu qui se différencient en autant de tubes criblés (*t*, *t*, *t*, *t*, *t*, *t*, *t*, *t*, fig. 25). Chaque arc est coupé en son milieu par le diamètre horizontal, et ses extrémités sont à égale distance des deux secteurs ligneux. Quand ces tubes ont acquis leur maximum de différenciation, ils sont des plus faciles à distinguer.

Leur membrane est fortement épaissie, surtout aux angles, et leur taille, égale à celle des cellules de la région moyenne qui les touchent, est beaucoup plus petite que la taille des cellules de la région périphérique qui les entourent. Bien plus, cet arc de tubes criblés paraît encastré dans la couronne périphérique des grandes cellules. En raison de cette disposition, l'origine périphérique des premiers tubes criblés se trouve indiquée pendant toute leur existence.

Le mode de développement normal que nous venons de décrire se relie aux cas accidentels que nous avons signalés dans la racine de *Pteris serrulata* par exemple, mais il n'est pas le seul que l'on observe dans la racine de l'*A. australis*. En effet, dans beaucoup de cas, et fréquemment dans les grosses racines, les cellules nées par le cloisonnement radial des cellules mères au lieu de se différencier directement en tubes criblés subissent un dédoublement tangentiel, puis les deux cellules produites se partagent également par une cloison radiale et ce sont ces quatre cellules disposées en croix qui évoluent en autant de tubes criblés. On peut voir cette production dans le grand secteur droit (S_2, fig. 25) où les deux cellules internes (M, M) donnent chacune quatre tubes criblés en croix. En résumé, à la place d'un tube criblé produit à la manière ordinaire, on a quatre tubes criblés. Il est vrai que dans ce cas le nombre des cellules mères peut être moins élevé; il en résulte néanmoins la production simultanée d'un plus grand nombre de futurs tubes criblés, disposés sur deux assises superposées formant un arc régulier. Dans ce cas, ce sont les cellules de l'assise externe qui se différencient d'abord en autant de tubes criblés, puis ensuite les cellules de l'assise interne. Tous ces tubes ont la même origine périphérique, et les nouveaux tubes qui vont se différencier en dedans et sur les côtés de cet arc, pour compléter le faisceau libérien, prennent naissance aux dépens de la région moyenne.

Si l'on suit le développement dans une racine grêle, on

rencontre souvent un développement asymétrique des premiers tubes criblés, au moyen du dédoublement tangentiel d'une seule cellule périphérique de chaque côté. C'est le cas ordinaire dans les autres Fougères, déjà étudiées, où l'arc des premiers tubes criblés est produit par un seul secteur. Il peut toutefois subsister cette particularité que les tubes criblés ainsi produits, aux dépens de l'assise périphérique d'un seul secteur pour chaque faisceau, soient disposés suivant deux assises superposées.

Osmunda palustris (fig. 26, Pl. IV). — La racine de cette plante appartient à un type fort différent du type rencontré chez toutes les autres Fougères étudiées précédemment. Cette différence résulte des variations de forme que présente la cellule initiale. Au lieu d'avoir la forme tétraédrique si caractéristique que possède la cellule initiale chez la plupart des Cryptogames vasculaires, cette initiale a une forme pentaédrique ou hexaédrique plus ou moins irrégulière. Aussi les segments qu'elle produit sont plus nombreux et leur alternance n'offre aucune régularité susceptible d'être décrite. Par conséquent, il nous faut renoncer à suivre les divers cloisonnements qui, partant de la cellule initiale, donnent naissance aux premiers tubes criblés et il faut nous borner à signaler le développement de ces éléments à partir du moment où les premières phases de leur différenciation nous permettent de les reconnaître. Sur les coupes transversales, menées à partir du sommet, on constate de bonne heure la présence d'une large bande diamétrale traversant la stèle qui correspond aux secteurs ligneux des autres Fougères. Cette bande est formée de cellules beaucoup plus grandes que les autres, surtout dans la région centrale. La région périphérique de la stèle est formée de cellules assez grandes et dont la forme aplatie suivant le rayon fait passer, presque sans transition, aux cellules tabulaires de l'écorce interne. C'est au contact de ces cellules aplaties que se différencient les premiers tubes criblés qui acquièrent rapidement leur maximum de différenciation. A cet état,

ces tubes (*t*, *t*, fig. 26) sont disposés en une assise assez régulière, et leur nombre, variable d'une racine à l'autre, est, dans l'exemple choisi, de neuf d'un côté et de huit seulement de l'autre côté. Leur forme très irrégulière est aplatie suivant le rayon et leur paroi est peu épaissie. Parfois les cellules péricycliques se dédoublent, par une cloison tangentielle, en deux cellules superposées, mais certaines d'entre elles ne se dédoublent pas (P), de telle sorte que le péricycle se montre d'ordinaire irrégulier dans son épaisseur.

Ophioglossum vulgatum (fig. 27, 28, 29, Pl. V). — La racine de l'*O. vulgatum* se rapproche de la racine de l'*Osmunda palustris* en ce qui concerne la manière dont elle édifie son méristème terminal. La cellule initiale n'a pas non plus la forme tétraédrique qui existe dans la plupart des Fougères. Elle présente un plus grand nombre de faces internes, et les segments auxquels elle donne naissance ne conservent pas une autonomie qui se puisse mettre en évidence avec certitude. Aussi, pour cette raison, ne pouvons-nous suivre la marche du cloisonnement qui conduit de la cellule initiale au premier tube criblé. C'est là une lacune, comparable à celle qui existe dans le développement de la plus grande partie des Phanérogames, et qui est en partie causée par ce fait que les premiers segments formés, étant plus nombreux, sont aussi plus variables dans leur nombre et dans leur forme.

Les premiers cloisonnements donnent naissance chez l'*O. vulgatum* à un méristème qui présente dans la région stélique une assez grande homogénéité (fig. 27). Sur les coupes transversales, la limite entre l'écorce et la stèle est d'abord assez peu distincte, malgré la différence de taille que présentent les cellules de ces deux régions. Bientôt, on constate que plusieurs cellules voisines cessent de se cloisonner, tant dans le plan transversal que dans les autres plans. Ces cellules sont situées vers la périphérie de la stèle et elles acquièrent une assez grande longueur et un diamètre notablement supérieur au diamètre des autres éléments de la stèle. Elles ont une forme

polygonale avec un grand nombre de côtés, mais leur paroi demeure mince, sans différenciation spéciale apparente, de sorte que si on les distingue des autres cellules à ce moment, c'est surtout par leur plus grande taille.

Au niveau de la racine correspondant à la base de la coiffe, ces cellules sont disposées en une assise formant un arc, d'un seul côté de la stèle, et leur taille (*t*, fig. 28) est à peu près double de la taille des autres cellules stéliques. Il y a d'abord trois ou quatre de ces grandes cellules qui vont se différencier lentement pour donner directement les premiers tubes criblés.

Tandis que chez les Fougères les premiers tubes criblés acquièrent très rapidement leur maximum de différenciation, ces tubes sont individualisés depuis longtemps comme tels, sans avoir encore acquis le maximum de différenciation dont ils sont susceptibles. C'est seulement après que les vaisseaux sont bien différenciés (*v*, fig. 29) qu'on constate l'épaississement très marqué de leur paroi (*t*, fig. 29), et cet épaississement augmente jusqu'à une époque avancée du développement de la racine. Il affecte la plus grande partie de la paroi des tubes ménageant de nombreuses ponctuations correspondant aux plages criblées. Sur toute leur paroi, aussi bien sur les faces transversales ou obliques que sur les faces longitudinales, on voit des plages criblées.

Ces plages sont de forme ovalaire ou plus souvent elliptiques dans lesquelles se trouvent assez régulièrement espacés des pores très distincts; elles sont disposées sur les parois longitudinales, de façon que leur grand axe soit transversal par rapport à la longueur du tube, et elles sont très rapprochées les unes des autres.

Pendant que se poursuit la différenciation de ces grands tubes criblés, d'autres tubes criblés situés de part et d'autre des précédents se différencient à leur tour, mais ces nouveaux tubes demeurent toujours plus étroits. Ensemble, tous ces tubes forment un arc très étalé dans le sens tangentiel et directement entouré par l'endoderme. Sur la face interne

de cet arc se trouvent des cellules qui, à leur tour, se différencient en tubes criblés, augmentant en épaisseur le faisceau libérien unique, comme l'on sait, chez cette plante.

Botrychium lunaria (fig. 30, 31, 32, Pl. V). — La racine du *B. lunaria* s'édifie comme celle de la plupart des Fougères aux dépens d'une seule cellule initiale, et si l'on suit la marche du cloisonnement sur des coupes longitudinales, on ne constate pas de grandes différences avec l'aspect présenté par une Fougère. Mais si l'on étudie ce cloisonnement sur les coupes transversales, on voit de suite que la marche du cloisonnement ne rappelle que de loin la division en un petit nombre de segments alternant avec la régularité que nous avons tant de fois décrite. Cette différence, comme dans l'*Osmunda* et l'*Ophioglossum*, tient à ce que la cellule initiale ne possède pas une forme tétraédrique et que ses faces internes plus nombreuses détachent un plus grand nombre de segments qui ne conservent pas, pendant tout le développement de la racine, l'autonomie qu'ils présentent dans le *Lygodium scandens*, par exemple. A une faible distance du sommet, la marche du cloisonnement rappelle beaucoup l'aspect que nous trouvons dans une Gymnosperme ou dans une Angiosperme. Au centre de la racine, dans la portion correspondant à la stèle, se voient des cellules de taille petite, polygonales, semblables entre elles, se cloisonnant activement en divers sens et parmi lesquelles, comme chez l'Ophioglosse, on ne peut pas distinguer à l'avance celles qui deviendront les cellules mères des premiers tubes criblés (fig. 30).

Bien plus, dans les segments issus de la cellule initiale, la séparation de la portion stélique et de la portion corticale n'est pas marquée d'une façon plus distincte que la séparation des autres régions ; aussi ne peut-on, au début, délimiter avec toute certitude la stèle de l'écorce, quoique les cellules stéliques, dans leur ensemble, sont isodiamétriques, tandis que les cellules corticales sont plus grandes, de forme tabulaire et disposées en files radiales vers l'intérieur.

C'est aux dépens de l'assise périphérique de la stèle que se différencient les premiers tubes criblés (*t*, fig. 31). Ces tubes, quand ils ont acquis leur maximum de différenciation, ont une taille un peu plus petite que les éléments qui les avoisinent; leur forme polygonale est irrégulière et entre eux ils peuvent présenter d'assez grandes différences, dans leur forme, et dans leur taille qui peut varier de l'un à l'autre du simple au double. Ce sont là des variations que l'on ne rencontre point d'ordinaire chez les Fougères où les premiers tubes criblés régulièrement accolés l'un à l'autre présentent même taille et souvent aussi même forme. Ces premiers tubes criblés ont leur paroi fortement épaissie et possèdent à un degré élevé les modifications caractéristiques des tubes criblés (*t*, fig. 32). Ils sont disposés en une assise, d'allure irrégulière, formant un arc très étalé dans le sens tangentiel quand la racine possède deux faisceaux libériens, comme c'est le cas le plus fréquemment réalisé; mais quand elle présente trois faisceaux libériens, chaque arc est beaucoup moins étalé et les premiers tubes criblés qui forment chacun d'eux sont moins nombreux. Quand la racine est grosse et ne possède que deux faisceaux libériens, l'arc formé par les premiers tubes criblés est très étalé et çà et là deux tubes criblés peuvent être séparés l'un de l'autre par une cellule non différenciée qui demeure à l'état de conjonctif. Rapidement, de nouveaux tubes criblés se différencient aux dépens des cellules situées en dedans des précédentes et épaississent le faisceau libérien. Cet épaississement du faisceau libérien, dans le sens radial, est plus précoce et plus grand dans le cas où la racine possède trois faisceaux libériens.

Pendant que se poursuit la différenciation des premiers tubes criblés que nous venons d'indiquer, certaines des cellules qui les entourent vers l'extérieur et qui appartiennent à l'assise interne de l'écorce, par conséquent à l'endoderme, se dédoublent par une cloison tangentielle, et c'est la cellule externe, provenant de chacun de ces dédoublements, qui

prend seule les plissements caractéristiques sur ses faces latérales et transversales. D'autre part, les premiers vaisseaux qui se différencient sont séparés de l'endoderme primitif par l'assise périphérique de l'écorce, c'est-à-dire par la même assise qui a donné naissance aux premiers tubes criblés et qui mérite bien par conséquent le nom de péricycle qu'on lui donne. Il résulte de ces diverses modifications que la racine, à une époque avancée de son développement, présente : de dehors en dedans, la disposition suivante : une assise munie des plissements caractéristiques de l'endoderme (E, fig. 32), une assise d'origine mi-partie stélique, mi-partie corticale, dont presque toutes les cellules sont restées à l'état de conjonctif, et en dedans : deux faisceaux libériens et deux faisceaux ligneux alternes. On désigne d'ordinaire l'assise plissée sous le nom d'endoderme et l'on appelle péricycle l'assise qui la sépare des faisceaux libériens et ligneux. Or, d'après le développement, cette interprétation doit s'appliquer seulement à la portion supraligneuse, tandis que la portion supralibérienne appartient tout entière à l'écorce, puisqu'elle provient, ainsi que nous venons de le voir, du dédoublement tangentiel de l'endoderme primitif, et par conséquent ne peut pas être appelée péricyclique.

Quelquefois même les cellules de l'endoderme primitif, situées en dehors des faisceaux libériens, peuvent produire trois cellules superposées par deux cloisonnements tangentiels successifs, et comme ce sont encore les cellules externes (E, fig. 32) provenant de ce cloisonnement qui acquièrent les plissements caractéristiques, la région pseudo-péricyclique se trouve composée de deux assises, comme on le voit en dehors du faisceau libérien gauche (E', E'', fig. 32). Or, le plus souvent, on indique la racine du *B. lunaria* comme dépourvue d'assise péricyclique en dehors des faisceaux libériens, cette assise existant seulement en dehors des faisceaux ligneux. Mais alors on figure l'assise plissée au contact des tubes criblés. Quand on y regarde de très près, on constate, en effet, que dans la plu-

part des cas certains des tubes criblés se trouvent directement au contact des cellules plissées.

D'autre part, comme c'est le tube criblé le plus externe qui fixe d'ordinaire l'épaisseur du péricycle, puisque ce tube criblé touche l'endoderme, on en conclut que le péricycle n'existe pas, et ne tenant aucun compte des cellules internes provenant du dédoublement de l'endoderme, on supprime toute cellule de parenchyme entre le faisceau libérien et l'assise plissée. Or c'est là une suppression que nous n'avons jamais trouvée complètement réalisée.

En décrivant les différentes phases du développement, nous avons vu que certaines cellules de l'endoderme se dédoublent, mais les autres ne se dédoublent pas. Celles qui se dédoublent sont toujours situées en dehors des faisceaux libériens et correspondent à leur portion médiane. Mais en face des extrémités de ces faisceaux, les cellules endodermiques le plus souvent ne se dédoublent pas, de telle sorte que les premiers tubes criblés situés aux extrémités du faisceau libérien demeurent en contact avec l'endoderme primitif non dédoublé.

C'est surtout dans le cas où il y a trois faisceaux libériens que l'on peut constater les variations les plus grandes en ce qui concerne la séparation des premiers tubes criblés et de l'assise plissée. En effet, dans un exemple pris au hasard, l'assise plissée n'est séparée complètement de tous les tubes criblés dans aucun des trois faisceaux libériens ; en face de l'un deux, une seule cellule endodermique s'est dédoublée, tandis qu'en dehors des trois faisceaux ligneux l'assise plissée est séparée par une assise qui est un véritable péricycle.

Azolla filiculoides (fig. 33, 34 et 35, Pl. V). — La formation des tubes criblés dans la racine de cette plante est particulièrement intéressante. Son étude nous a conduit à des résultats (1) qui ont eu pour effet de modifier l'interprétation donnée aux différentes régions de la racine par les auteurs

(1) G. Chauveaud, *Sur la structure de la racine de l'Azolla* (Bull. du Mus. d'Hist. nat., 1901, p. 366).

précédents. Cette racine a été étudiée en particulier par Strasburger qui a consacré une monographie au genre *Azolla* (1), puis par M. Van Tieghem dans son mémoire si considérable sur l'origine et le développement des racines (2). Ces auteurs n'avaient pas en vue spécialement le mode de formation des premiers tubes criblés dont la connaissance exacte peut seule permettre d'interpréter avec certitude la composition de la stèle. Cela explique comment ces deux savants, de si grande autorité, ont pu donner des descriptions différentes de cette racine dont nous allons suivre le développement.

La cellule initiale produit, sous la coiffe, trois segments qui, après avoir détaché l'écorce externe, partagent leur portion interne en six secteurs semblables, au début, par une cloison exactement radiale. Chaque secteur se divise par une cloison tangentielle (I, fig. 33) en une portion externe ou corticale interne et une portion interne ou stélique.

Cela partage la racine en trois régions superposées d'épaisseur à peu près égale. Ces trois régions se dédoublent chacune par une cloison tangentielle en deux assises, de telle sorte que la racine, sous la coiffe, est constituée alors par six assises concentriques groupées ainsi de dedans en dehors : deux assises stéliques, deux assises corticales internes et deux assises corticales externes.

Nous ne suivrons ici que le développement des deux assises stéliques.

En comparant la marche du cloisonnement avec celle que nous avons établie dans les Fougères, nous voyons que chaque secteur stélique se trouve divisé en une région périphérique et une région interne. Cette dernière ne s'étant subdivisée dans aucun des six secteurs pour donner une région moyenne et une région centrale.

Les six secteurs étant de même taille, nous ne pouvons

(1) Ed. Strasburger, *Ueber Azolla*. Iena, 1873.

(2) *Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires* (Ann. des Sc. nat., 7e série. t. VIII, p. 544).

jusqu'ici essayer d'orienter les coupes comme dans les cas précédents. Bientôt après, la région périphérique de l'un des secteurs se partage, en deux cellules à peu près égales, par une cloison radiale (*p*, fig. 33). Ce même cloisonnement se fait, dans le secteur opposé au précédent, ce qui porte à huit le nombre des cellules périphériques.

Un peu plus tard, une cloison oblique (*f*, fig. 33) partage, en deux cellules très inégales, la région interne de deux autres secteurs opposés entre eux et les deux cellules inégales ainsi produites se transformeront ultérieurement en deux vaisseaux. On peut donc désormais appeler secteurs ligneux les deux secteurs (s_1, S_3) qui présentent ce cloisonnement oblique de leur région interne, et nous pouvons orienter les coupes, de telle façon que, l'un des deux secteurs ligneux (s_1) étant supérieur et médian, l'un des secteurs cloisonnés radialement dans sa région périphérique (S_1) se trouve à gauche et au-dessus du diamètre horizontal.

Telle est la marche du cloisonnement, dans cette racine, qui aboutit en définitive à la formation de huit cellules pour la région interne, entourées de huit cellules périphériques disposées en une seule assise. Si j'insiste sur le nombre de ces éléments, c'est qu'il s'est montré constant dans toutes les racines d'*Azolla* que j'ai examinées.

La première différenciation que l'on constate, parmi ces cellules stéliques, est offerte par la petite cellule triangulaire (*v*, fig. 34), formée par le cloisonnement oblique de la région interne. Cette petite cellule s'arrondit, en restant toujours très étroite, et s'allonge suivant l'axe de la racine sans jamais se cloisonner; puis sa paroi longitudinale acquiert des épaississements spiralés et annelés et elle devient le premier vaisseau. La petite cellule triangulaire, opposée à la précédente, se transforme pareillement en un autre vaisseau.

La transformation de ces premiers vaisseaux est très hâtive, ainsi que le confirment les coupes longitudinales; elle précède la différenciation des premiers tubes criblés et constitue ainsi une exception à la loi générale que nous avons

pu énoncer après avoir étudié le développement des premiers tubes criblés dans la racine des divers groupes de plantes vasculaires (1). Quelque temps seulement après la lignification de ces vaisseaux, le tube criblé (*t*, fig. 34) se différencie aux dépens de la cellule périphérique située dans le secteur gauche, au-dessus du diamètre horizontal, et la même différenciation s'opère dans le secteur droit pour la cellule située au-dessous de ce même diamètre. Cette cellule, après le cloisonnement radial de la région périphérique qui lui a donné naissance, s'allonge suivant l'axe, puis se divise, par une cloison située dans un plan transversal, d'abord en deux, puis chaque cellule ainsi produite se divise, par une autre cloison transversale, en deux, ce qui donne en définitive quatre cellules ainsi disposées en file sur les coupes longitudinales. Chacune de ces cellules s'allonge, sans se cloisonner davantage, et acquiert peu à peu les modifications spécifiques qui caractérisent le tube criblé.

A cette phase de son développement (fig. 34), la racine de l'*Azolla* possède donc deux faisceaux ligneux et deux faisceaux libériens, formés chacun d'un seul vaisseau (*v*) et d'un seul tube criblé (*t*). Ces faisceaux sont disposés en alternance, conformément à la disposition typique générale de la racine. Cet aspect typique, qui a précisément échappé jusqu'ici, est en effet assez fugace, ainsi que nous allons le voir. Mais auparavant il convient de remarquer que, si les faisceaux ligneux sont alternes avec les faisceaux libériens, ils ne se trouvent point cependant à égale distance entre eux. En effet, le secteur ligneux supérieur (s_1), par exemple, touche le secteur libérien gauche (S_2), mais il est séparé du secteur libérien droit (s_2) par un secteur non encore différencié (S_2). Il y a à cette disposition une sorte de compensation qu'il peut être intéressant de signaler, c'est que, si le secteur ligneux supérieur (s_1) touche le secteur libérien gauche (S_1), son premier vaisseau (*v*) est par contre plus éloigné du premier tube criblé gauche qu'il ne l'est du tube criblé droit dont il est cependant séparé par un secteur entier (S_2).

Bientôt la grande cellule sœur du premier vaisseau se transforme en un second vaisseau. Chacun de ces seconds vaisseaux (V, V, fig. 35) acquiert peu à peu un grand diamètre, refoule vers la périphérie les cellules de la région interne demeurées indivises. Il en résulte une modification complète de la disposition rayonnée que présentait cette racine au début de son développement (fig. 33).

Pendant que se différencient ainsi les seconds vaisseaux (V, V), des plissements caractéristiques apparaissent sur les parois radiales et latérales des cellules de l'assise (E, fig. 35) qui entoure l'assise périphérique de la stèle, et cela confirme bien le nom d'endoderme que la marche du développement nous avait déjà permis de lui accorder. Ces plissements qui avaient échappé à Strasburger, ont été indiqués d'abord par M. Van Tieghem (1). Cet endoderme, ainsi caractérisé, entoure une stèle qui se compose, en définitive, de deux faisceaux libériens, formés chacun d'un tube criblé qui a présenté seul, lors de son maximun de différenciation, l'aspect caractéristique particulier à ces éléments, et de deux faisceaux ligneux, comprenant chacun un petit et un grand vaisseau. Il y a en outre, de chaque côté, deux cellules qui semblent demeurer à l'état de conjonctif et qui appartiennent l'une à la région interne du secteur libérien, l'autre à la même région du secteur voisin, non différencié ici, mais qui ailleurs contribue aussi à la formation du faisceau libérien.

Marsilia Drummondii (fig. 36, 37, 38 et 39, Pl. V; fig. 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 et 47, Pl. VI). — Le développement de la racine des *Marsilia* nous est bien connu depuis longtemps ; c'est une des plantes qui se prête le mieux aux recherches, en raison du petit nombre des cellules dont se compose sa racine et de la grandeur relative qu'elles présentent. Parmi les nombreux travaux qui l'ont fait connaître, je citerai tout particulièrement le mémoire de Russow (1), dans lequel cet auteur suit pas à pas la marche du cloisonnement, depuis la

(1) *Loc. cit.*

cellule initiale jusqu'à l'édification complète de la racine. Sa description, tout à fait remarquable, doit être encore acceptée pour la plupart des éléments de cette racine. Toutefois, en ce qui concerne les premiers tubes criblés, dont nous nous occupons tout spécialement dans le présent travail, nous avons constaté que sa description doit être rectifiée, et, afin de bien préciser l'origine de ces tubes, nous allons décrire le développement des divers éléments, à partir de la cellule initiale, et suivre leurs modifications jusqu'à la racine adulte.

Les premiers cloisonnements conduisent à la formation de six secteurs, dont trois plus petits (s_1, s_2, s_3, fig. 40) alternent régulièrement avec les trois autres (S_1, S_2, S_3). Chaque secteur se divise, par une cloison tangentielle, en une portion externe ou corticale externe, et une portion interne ou stélique qui se subdivise, par une autre cloison tangentielle (I), en une portion externe ou corticale interne et une portion interne ou stélique. Laissant de côté la portion corticale qui a été exactement décrite, nous suivrons seulement le développement de la portion stélique. Dans chacun des six secteurs se montre une cloison tangentielle (II, fig. 41) qui sépare, vers l'extérieur, une région que nous avons appelée périphérique chez les Fougères, puis une seconde cloison tangentielle (III, fig. 41) paraît en dedans de la première, séparant une région moyenne et une région centrale. Cette seconde cloison ne se forme d'abord que dans les trois grands secteurs, mais un peu plus tard elle apparaît aussi dans l'un des petits secteurs (s_1, fig. 42) qui correspond à celui que nous appelons le petit secteur ligneux.

La région périphérique se subdivise par une cloison radiale (p, fig. 42) qui s'établit dans chaque secteur. Dans les secteurs ligneux (s_1, S_3) cette cloison est placée au milieu de la région périphérique; dans les secteurs libériens, elle est plus rapprochée du diamètre vertical que du diamètre horizontal, par conséquent elle divise la région externe de chacun de ces secteurs en deux cellules inégales. De ces deux cellules, la plus grande se divise plus tard par une autre

cloison radiale qui se fera dans le grand secteur droit (S_2) et dans le petit secteur gauche (s_1), tandis que dans le grand secteur gauche (S_1) et dans le petit secteur droit (s_2) cette grande cellule périphérique se dédouble par une cloison tangentielle (*c*, fig. 42) en deux cellules superposées. Nous reconnaissons là un mode de formation qui nous est habituel, et nous savons déjà que ce cloisonnement tangentiel est la première manifestation apparente, relative aux premiers tubes criblés en particulier. C'est seulement à partir de l'apparition de cette cloison tangentielle (*c*) de la région périphérique, que nous pouvons orienter définitivement nos coupes ; car auparavant nous pouvions bien les placer de façon que le petit secteur ligneux soit supérieur, mais nous ne savions encore lequel des deux grands secteurs libériens devait être placé à droite par exemple. Maintenant, en mettant à gauche le grand secteur muni de cette cloison, nous aurons à droite le petit secteur pareillement dédoublé.

Nous devons faire remarquer une particularité, que nous n'avons pas rencontrée dans les autres Cryptogames vasculaires. En général, chez ces plantes, dans chaque secteur libérien, la cloison radiale partage la région périphérique en deux parties égales, et même, souvent, la partie qui doit être dédoublée tangentiellement est plus petite que l'autre. Dans la Marsilie, c'est l'inverse qui a lieu, comme nous venons de le voir, et même la différence est très grande, ainsi que le montrent les figures 42 et 43.

Des deux cellules provenant du dédoublement tangentiel, l'externe se partage, par une cloison radiale, en deux cellules égales, tandis que l'interne se divise, par une autre cloison radiale (*b*, fig. 43), en deux cellules très inégales ; mais contrairement à ce qui a eu lieu précédemment, c'est la plus petite des deux cellules internes ainsi produites qui est le plus rapprochée du diamètre horizontal (HH') lequel coïncide, comme on sait, avec la ligne de séparation des deux secteurs latéraux. Cette petite cellule contiguë au diamètre horizontal va se différencier et devenir directement le

premier tube criblé (*t*). Sa grande cellule sœur se divise plus tard, par une cloison radiale (*b'*, fig. 44), en deux cellules égales qui évolueront successivement en tubes criblés (*t'*, *t''*, fig. 45). La cellule interne, produite par le premier dédoublement tangentiel de la région périphérique, est donc bien une cellule mère du premier tube criblé (*t*), et une cellule grand'mère des deux autres tubes criblés (*t'*, *t''*). Le même mode de formation se produit dans le petit secteur droit (s_2), et dans le grand secteur gauche (S_1).

Quand ces cloisonnements sont achevés, la région périphérique de la stèle présente deux arcs, formés d'une seule assise, alternes avec deux arcs composés de deux assises. Il y a six cellules dans chaque arc simple, et deux cellules externes dans chaque arc double, ce qui fait ensemble seize cellules formant à la périphérie de la stèle une assise continue. Cette assise demeure à l'état de conjonctif et c'est elle seulement qui mérite réellement le nom de péricycle (P, fig. 47). En dedans de cette assise se trouvent six autres cellules, groupées trois par trois de chaque côté, qui appartiennent aussi à la région périphérique, mais deviennent autant de tubes criblés (*t*, *t'*, *t''*, fig. 44, 45 et 46).

La région moyenne dans chaque secteur ligneux se divise, par une première cloison radiale (*g*, fig. 42, et *k*, fig. 43), en deux cellules inégales, puis une seconde cloison radiale (*l* et *r*, fig. 43) divise la plus grande des deux cellules précédentes, ce qui donne trois cellules, placées côte à côte, et dont la médiane est un peu plus petite que les deux autres.

Dans le grand secteur droit, une cloison très oblique (*f*, fig. 42) dédouble incomplètement sa région moyenne en une portion externe petite et une portion interne plus grande. La portion externe se divise, par une cloison radiale (*n*, fig. 43), en deux cellules qui se différencieront ultérieurement en deux tubes criblés (t_1, t_2, fig. 45). La portion interne se divise par une première cloison radiale, puis par une seconde cloison radiale de façon à donner trois cellules de taille peu différente.

Les mêmes cloisonnements s'accomplissent du côté opposé dans le petit secteur gauche (s_3).

Dans le grand secteur gauche, il se fait une première cloison radiale (*i*, fig. 43), puis plus tard une seconde cloison radiale (*j*, fig. 43); cela fait trois cellules pour sa région moyenne tout entière.

La région moyenne du petit secteur droit se subdivise pareillement en trois cellules placées aussi côte à côte.

La région centrale, représentée seulement dans les trois grands secteurs (S_1, S_2, S_3), qui seuls au début arrivent au centre de la racine, et plus tard aussi dans le petit secteur ligneux (s_1) qui s'en rapproche de plus en plus, ne présente dans la suite aucun cloisonnement. Elle demeure formée par quatre cellules de grande taille qui se différencieront directement en autant de vaisseaux.

Telle est la marche du cloisonnement que l'on peut observer dans une racine de *Marsilie*; elle diffère de celle décrite par Russow, surtout pour la région moyenne et la région périphérique des quatre secteurs libériens, car il attribuait la production des premiers tubes criblés à la région correspondant à celle que nous appelons région moyenne. En ce qui concerne la marche de la différenciation des diverses cellules que nous venons d'énumérer, nous n'aurons que de légères modifications à apporter à la description de Russow (1). Lors de sa formation, le premier tube criblé droit (*t*, fig. 43) appartenant au petit secteur droit (s_2) est situé au-dessous du diamètre horizontal (HH'), tandis que le premier tube criblé gauche (*t*, fig. 43) appartenant au grand secteur (S_1) gauche est situé au-dessus de ce même diamètre. Mais cette disposition inverse originelle tend à disparaître avec les progrès du développement. Chaque premier tube criblé se différencie rapidement, sa paroi transversale prend des ponctuations caractéristiques, tandis que sa paroi longitudinale s'épaissit beaucoup et qu'il acquiert une forme penta-

(1) *Loc. cit.*

gonale irrégulière. Quand il a atteint son maximum de différenciation (t, fig. 44), il s'est insinué par son angle externe entre les deux cellules péricycliques voisines, et est arrivé à se placer vis-à-vis de leur intersection, de telle sorte qu'elles paraissent lui être superposées également. Il résulte de cette intercalation que chaque premier tube criblé est maintenant situé sur le diamètre horizontal, par conséquent dans une position symétrique par rapport aux deux secteurs ligneux.

A ce moment, le second tube criblé (t', fig. 45), provenant de la division radiale de la cellule sœur du premier, commence à se différencier. En même temps que lui ou peu après se différencie pareillement le tube criblé (t_1), situé de l'autre côté du premier, qui a une origine différente des deux précédents, puisqu'il provient de la région moyenne du secteur voisin. Chacun de ces seconds tubes criblés (t', t_1) subit peu à peu les modifications caractéristiques qui sont encore plus accentuées que pour le premier, et, quand il a atteint son maximum de différenciation (fig. 45), sa taille est plus grande, sa forme hexagonale irrégulière est élargie dans le sens tangentiel et sa paroi est plus fortement épaissie. Enfin, les troisièmes tubes criblés (t'', t_2), situés de part et d'autre des précédents, se différencient à leur tour, de la même manière. Pendant que s'accomplissent ces modifications, les deux cellules péricycliques, provenant du dédoublement tangentiel et superposées aux tubes criblés (t, t', t''), s'accroissent, suivant le rayon, et acquièrent la même épaisseur que les cellules périphériques non dédoublées, de façon à former avec elles une assise homogène qui paraît désormais avoir partout la même valeur. Par suite, les tubes criblés qui sont en dedans de ces cellules non dédoublées se trouvent maintenant sur le même arc de cercle que les premiers formés.

Le premier tube criblé (t) perd peu à peu ses caractères particuliers, sa paroi s'amincit, son diamètre décroît et quand les troisièmes tubes criblés (t'', t_2) sont à la phase de leur maximum de différenciation, ce premier tube a perdu tous ses caractères. Puis les seconds tubes criblés (t', t_1),

entrent à leur tour en voie de régression. Enfin les troisièmes tubes (t'', t_2) subissent aussi la même régression, après que se sont différenciés les quatrièmes tubes criblés (T, fig. 46). Ces derniers se forment, aux dépens des cellules qui correspondent à toute l'épaisseur de la région moyenne, et ils sont tous quatre comparables entre eux, aussi bien par leur origine que par leur situation.

A cette phase du développement (fig. 46), le premier (t), les seconds (t', t_1) et les troisièmes tubes criblés (t'', t_2) de chaque côté ne se montrent plus que comme des tubes étroits à paroi mince, de forme irrégulièrement arrondie, insérés vers l'extérieur, chacun entre deux cellules périphériques et vers l'intérieur, chacun également entre deux cellules de la région moyenne. Au lieu de se toucher les uns les autres, en un arc continu, comme précédemment, ils sont complètement séparés l'un de l'autre, par les cellules péricycliques et par les cellules sous-jacentes qui sont peu à peu arrivées au contact les unes des autres. C'est sans paraître exercer sur eux une pression déformante, que ces deux sortes de cellules prennent, peu à peu, la place occupée d'abord par les tubes criblés.

La résorption de ces tubes criblés se poursuit ; leur membrane même, complètement digérée, disparaît et, au niveau de la racine, où les vaisseaux sont complètement lignifiés, il ne reste plus d'eux aucune trace (fig. 47). C'est là un des exemples les plus frappants pour constater, à la fois, le grand développement que peuvent prendre les premiers tubes criblés, la courte durée de leur période active et leur complète disparition aussitôt après cette période.

Dans chaque secteur ligneux (s_1, S_2), la différenciation s'accomplit plus tard que dans les secteurs libériens. Les trois cellules de la région moyenne se transforment en autant de vaisseaux, la cellule médiane (v, fig. 47) se différenciant avant les autres et demeurant un peu plus petite.

Ensuite, l'unique cellule de la région centrale devient un quatrième vaisseau (V), de taille plus grande que les trois précédents.

Enfin, plus tard encore, la cellule centrale des deux grands secteurs libériens se différencie aussi en vaisseaux (A, B, fig. 47), qui ont une taille beaucoup plus grande que les autres. Ces deux grands vaisseaux en s'accroissant ont refoulé, en haut et en bas, les deux secteurs ligneux, et maintenant, le centre de la stèle est au milieu de leur paroi mitoyenne, tandis qu'au début il était au point de contact de ces deux éléments et de la cellule centrale du grand secteur ligneux.

C'est surtout cette cellule centrale du grand secteur ligneux qui a été refoulée loin du centre et pendant que les deux secteurs ligneux devenaient symétriques l'un de l'autre, par leur position comme par leur taille, les deux grands vaisseaux (A, B) se sont placés symétriquement de part et d'autre, par rapport aux deux faisceaux libériens voisins.

Nous avons décrit une racine présentant un type moyen, car on peut constater un certain nombre de variations relatives au nombre des vaisseaux et des tubes criblés. Par exemple, on trouve parfois trois tubes criblés, au lieu de deux, nés aux dépens du dédoublement externe de la région moyenne. De même, la région moyenne des secteurs ligneux peut donner plus de trois vaisseaux et le nombre, soit des vaisseaux, soit des tubes criblés peut aussi présenter une variation qui diffère dans les deux secteurs opposés.

Il est intéressant de faire remarquer, en terminant, que les cinq premiers tubes criblés, de chaque côté, qui ont une durée éphémère sont asymétriques, au moins par leur origine, tandis que les deux derniers tubes criblés persistants, de chaque côté, sont symétriques, par leur origine aussi bien que par leur position.

En général, chez les autres plantes étudiées jusqu'ici, nous n'avons constaté, dans les différentes racines d'une même plante, que des variations peu importantes et portant surtout sur le nombre des faisceaux et sur le nombre des cellules, mais n'entraînant pas de variations de structure. Or, dans la Marsilie, les radicelles issues d'une racine présentent, dans leur structure, une différence assez grande avec la racine

née sur la tige, telle que celle que nous venons d'étudier. Nous avons déjà signalé cette variation (1), que nous allons décrire en suivant le développement d'une radicelle produite par une racine.

Les trois segments fournis par la cellule initiale tétraédrique se partagent encore, par une cloison radiale, mais, à l'exception d'une seule, ces cloisons sont exactement radiales, de telle sorte que des six secteurs ainsi produits, cinq sont semblables, tandis que le sixième, de plus grande taille, parvient seul au centre de la stèle. Ce sixième secteur a la forme d'un des grands secteurs de la racine précédente et comme il se comporte, dans la suite, de la même manière que le grand secteur ligneux (S_3), nous pouvons dès maintenant le désigner aussi sous ce nom. Dans chaque secteur, une première cloison tangentielle détache l'écorce externe, puis une seconde cloison tangentielle (I, fig. 36), en dedans de la première, donne une portion externe ou écorce interne et une portion interne ou stélique. Nous suivrons seulement le développement de cette dernière.

Dans chaque secteur, une première cloison tangentielle (II, fig. 37) détache vers l'extérieur une région périphérique; puis dans le grand secteur une seconde cloison tangentielle (III), située en dedans de la précédente, donne une région moyenne et une région centrale. Les cinq secteurs semblables offrent donc seulement une région périphérique et une région interne, comme cela se produit pour tous les secteurs de la racine de l'*Azolla*.

Dans le secteur supérieur gauche (S_1), la région périphérique se divise, par une cloison radiale (*p*, fig. 37), en deux cellules égales; le même cloisonnement se fait dans le secteur inférieur droit (s_2) opposé au précédent. Des deux cellules périphériques ainsi produites, celle qui est contiguë au diadiamètre horizontal (HH') se différencie directement en un

(1) G. Chauveaud, *De la variation de structure existant à l'état normal entre les racines et les radicelles de la Marsilie* (*Marsilia*) (Bull. du Mus. d'Hist. nat., 1902, p. 114).

tube criblé qui acquiert rapidement ses caractères spécifiques (*t*, fig. 38).

Dans le secteur supérieur médian (s_1), une cloison oblique (*f*, fig. 37) partage la région interne en deux cellules inégales destinées à se différencier l'une et l'autre en vaisseaux.

Les deux autres secteurs latéraux, le secteur gauche (s_2) et son opposé, le secteur supérieur droit (S_2), ne présentent aucun cloisonnement.

Les cinq secteurs semblables, primitivement, se comportent donc respectivement comme les cinq secteurs correspondants de l'*Azolla*, et, fait digne de remarque, les tubes criblés prennent naissance, dans l'un et l'autre cas, de manière identique.

La région moyenne du grand secteur (S_3) se divise, par deux cloisons radiales successives (*d*, *e*, fig. 37), en trois cellules comme dans le secteur ligneux (S_3) de la racine mère, et ces trois cellules deviennent autant de vaisseaux dont le médian (*v*, fig. 38), le plus petit, est d'ordinaire le premier lignifié.

La région centrale ne se cloisonne pas ; elle est représentée par une seule cellule qui devient un vaisseau (V), plus grand que tous les précédents et occupe le centre de la stèle (fig. 39).

Dans certaines radicelles plus grosses que les autres, le petit secteur ligneux (s_1) présente trois vaisseaux, au lieu de deux, et montre dans la disposition de ses cloisons une tendance à ressembler au grand secteur ligneux opposé (S_3). Cette particularité pourrait donc nous permettre de considérer la structure de la radicelle, comme le résultat d'une réduction opérée dans la structure de la racine mère, entraînant en particulier la disparition du péricycle, en dehors des tubes criblés.

En tout cas, en profitant de la disposition géométrique que possèdent ces diverses racines, nous pouvons exprimer, avec une précision mathématique rarement réalisée chez les êtres vivants, les degrés de ressemblance qu'elles présentent et dire que la radicelle de la Marsilie a une stèle composée de cinq secteurs d'Azolla, dont quatre libériens et un ligneux, et un secteur ligneux de Fougère.

Équisétinées.

Equisetum ramosissimum (fig. 48 à 58, Pl. VI; fig. 59, 60, Pl. VII). — Le développement de la racine des Prêles a été particulièrement étudié par différents auteurs, et Nägeli et Leitgeb (1) ont suivi la marche du cloisonnement, jusqu'à l'édification complète de la structure, en indiquant l'ordre d'apparition de toutes les cloisons. Leur description est accompagnée de figures où l'on peut suivre et reconnaître les diverses cellules.

Toutefois, ces auteurs n'ont décrit le cloisonnement que dans le cas d'une racine de très petit diamètre, possédant seulement un nombre de cellules assez réduit, et d'ailleurs ils ne font aucune mention relative aux tubes criblés. D'autre part, en ce qui concerne les premiers cloisonnements qui se font dans les segments issus de la cellule initiale, Nägeli et Leitgeb admettaient qu'ils suivent la même marche que chez les Fougères, tandis qu'en réalité cette marche est différente, ainsi que nous l'avons déjà signalé (2).

Si nous prenons pour premier exemple une radicelle très grêle, semblable à celle qui a été décrite par les deux auteurs précédents, nous constaterons, en effet, que chacun des trois segments, détachés parallèlement aux trois faces internes de la cellule initiale tétraédrique, au lieu de se diviser d'abord, par une cloison plus ou moins exactement radiale, comme dans la plupart des autres Cryptogames vasculaires et en particulier dans les Fougères, se divise par une cloison tangentielle (I, fig. 48) qui sépare une portion interne et une portion externe; la portion interne correspond à la stèle, tandis que la portion externe correspond à l'écorce. Cette cloison tangentielle primitive sépare donc la stèle de

(1) *Loc. cit.*

(2) G. Chauveaud, *Recherches sur le développement de l'appareil conducteur dans la racine des Équisétacées* (Bull. Soc. Philom. de Paris, 9e série, t. IV, p. 26).

l'écorce, de telle sorte que ces deux régions se trouvent individualisées dès le début.

C'est seulement après cette séparation que les cloisons radiales se montrent dans les segments.

Suivons d'abord les changements qui surviennent dans chacun des trois segments externes ou corticaux. Une cloison radiale (*a*, fig. 48) partage chacun d'eux en deux parties égales, ce qui donne six segments corticaux semblables. Chacun de ces six segments produit une cloison tangentielle (1, fig. 48) vers l'extérieur, puis une cloison tangentielle (2, fig. 48) vers l'intérieur, qui subdivisent l'écorce en trois régions superposées.

La région externe demeure simple, divisant seulement chacun de ses segments par deux cloisons radiales. La région moyenne se dédouble, par une cloison tangentielle (3, fig. 48), en deux assises dont l'externe seule se divise par deux cloisons radiales dans chaque segment. La région interne se dédouble aussi par une cloison tangentielle, mais beaucoup plus tard (4, fig. 49), et aucun de ses segments ne se divise radialement. Il résulte de ces divers cloisonnements que l'écorce est constituée, en définitive, par cinq assises dont les trois internes sont formées chacune de six cellules superposées en files radiales (fig. 49). Entre les cellules de ces trois assises il se produit de très bonne heure des méats. Ceux de l'assise interne demeurent petits, mais les autres grandissent beaucoup, se rejoignent deux à deux suivant le rayon et forment des lacunes plus ou moins régulières qui séparent complètement l'une de l'autre les cellules de l'assise interne de la région moyenne. La paroi des cellules en contact avec ces lacunes présente des épaississements spéciaux, de formes variées, qui sont d'abord localisés sur la paroi de la lacune correspondant à sa face interne, mais qui, plus tard, se forment aussi sur les parois correspondant à ses faces latérales et même externes, surtout dans le cas de grosses racines, ainsi que nous l'avons déjà mentionné (1).

(1) *Loc. cit.*

En même temps que ces lacunes prennent naissance, les plissements, qui caractérisent l'endoderme des autres plantes, apparaissent sur les parois radiales et latérales des cellules de l'assise externe (E', fig. 50) de la région interne. Telles sont les modifications que subit la portion externe; revenons maintenant à la portion interne ou stélique.

Pendant que les segments corticaux se divisent par des cloisons radiales, les trois segments stéliques se divisent chacun en deux parties inégales par une cloison longitudinale oblique (F, fig. 48) qui part du milieu de la paroi externe et vient aboutir à la paroi radiale, au tiers de sa longueur comptée en partant du centre. Chez les Fougères ou chez les Marsiliacées, les cloisons qu'on appelle radiales n'arrivent qu'au voisinage du centre, à une distance à peu près égale à celle que nous venons d'indiquer pour la Prêle, mais là ces cloisons ont une longueur beaucoup plus grande, puisqu'elles occupent toute l'épaisseur du segment, qui ne s'est pas encore dédoublé par la cloison tangentielle cortico-stélique ; aussi ces cloisons qui se montrent exactement radiales, très rapidement, dans les trois quarts externes de leur longueur, paraissent dans leur ensemble avoir une direction presque radiale.

Chez les Prêles, la cloison qui sépare chacun des trois segments est aussi exactement radiale, dans les segments corticaux, c'est-à-dire que la portion corticale est divisée par une cloison exactement radiale chez les Prêles, comme chez les Fougères; de même la portion stélique est divisée chez les unes comme chez les autres par une cloison oblique, seulement chez les Prêles ces deux cloisons non seulement ne sont pas dans le prolongement l'une de l'autre, mais encore sont très écartées de façon à présenter entre elles une alternance régulière. Cette alternance n'avait point échappé à Nägeli et Leitgeb qui ont cherché à l'expliquer, par des différences d'accroissement des diverses cellules qui entraînaient un mouvement de rotation de l'écorce autour de la stèle.

Sur les coupes transversales, nous avons alors six secteurs : trois grands, réunis au centre, et trois petits, séparés du centre, et ces deux sortes de secteurs alternent très régulièrement comme chez les Fougères. Seulement, la différence profonde, c'est que les secteurs ici sont limités extérieurement à la stèle, tandis que chez les Fougères ils comprenaient en outre l'écorce interne. La séparation plus précoce de l'écorce et de la stèle semble indiquer une indépendance plus grande entre ces deux régions. Comme pour mieux marquer cette indépendance, il s'établit immédiatement une alternance aussi complète que possible, entre les cellules stéliques et les cellules corticales, et cette alternance se maintient, dans la suite, avec une constance et une régularité qui sont la caractéristique de la racine des Prêles.

Chez les Fougères, au contraire, le cloisonnement radial intéressant à la fois la stèle et l'écorce interne non encore séparées, il en résulte que les cellules corticales internes sont superposées très régulièrement aux cellules stéliques. Cette superposition que nous avons tant de fois indiquée particulière à la plupart des Filicinées, offre un contraste frappant avec l'alternance des Équisétacées.

Ce caractère a beaucoup frappé Nägeli et Leitgeb. Peu satisfaits sans doute de leur interprétation, ils reviennent, dans le cours de leur description, plusieurs fois sur ce point, avec une insistance toute particulière. Ils admettaient en effet que la formation des six secteurs cortico-stéliques précède la séparation de l'écorce et de la stèle, comme pour les Fougères, et ne pouvaient ensuite expliquer pourquoi un même mode de cloisonnement aboutissait à deux dispositions si différentes.

Chacun des trois grands secteurs stéliques se divise ensuite, par une cloison tangentielle (III, fig. 48), en une région externe et une région centrale. Jusqu'ici tout était symétrique autour de l'axe de la racine. A partir de ce moment, il n'en est plus ainsi et l'on doit décrire à part ce que devient chaque secteur.

Pour simplifier la description, orientons les coupes dans

la position donnée à la figure 18 qui correspond à l'orientation habituelle, et désignons momentanément les secteurs par la situation qu'ils occupent sur cette figure. Le grand secteur inférieur est formé de deux cellules superposées qui demeurent indivises et se différencieront plus tard directement en vaisseaux (v', V, fig. 19). Le petit secteur supérieur demeure également indivis et son unique cellule deviendra un vaisseau (v) diamétralement opposé aux précédents.

Chacun des deux petits secteurs latéraux ou inférieurs se comporte de la même manière. Il se divise, par une cloison un peu oblique (r, fig. 18), en deux cellules inégales dont la plus grande correspond à l'intersection de deux cellules endodermiques. Cette grande cellule est la cellule mère du premier tube criblé; elle se divise à son tour, en effet, par une cloison très oblique (k, fig. 18), en deux cellules dont l'externe devient ensuite le premier tube criblé. En se différenciant, ce tube (t, fig. 19) s'insinue également, vers l'intérieur, entre sa cellule sœur et la cellule sœur de sa cellule mère, et vers l'extérieur entre les deux cellules endodermiques à l'intersection desquelles il correspond. Le tube criblé et les deux cellules qui l'emboîtent vers l'intérieur, et que l'on peut dès à présent appeler ses cellules annexes (n, n, fig. 19), forment un ensemble dont le contour se confond avec celui du petit secteur qui lui a donné naissance. Ce contour demeure toujours très facile à distinguer, ce qui conserve à ce secteur une autonomie comparable à celle que nous ont montrée les secteurs du *Lygodium scandens* par exemple. On peut dès lors regarder ce petit secteur, comme une cellule mère primitive qui, par un double cloisonnement, donne naissance à un tube criblé et à ses deux cellules annexes.

Les deux grands secteurs latéraux ou supérieurs sont formés chacun de deux cellules dont la centrale (s, s, fig. 19) demeure indivise, tandis que l'externe se divise par une cloison peu oblique en deux cellules inégales; puis la grande cellule fille se divise à son tour, par une cloison très oblique, en deux autres cellules dont l'externe s'intercale d'une part,

entre sa cellule sœur et la cellule sœur de sa cellule mère et, d'autre part, entre les deux cellules endodermiques à l'intersection desquelles elle correspond. Cette cellule doit évoluer ensuite directement en tube criblé (*t*, fig. 49), et les deux cellules (*n*, *n*, fig. 49) qui l'emboîtent, vers l'intérieur, sont ses cellules annexes.

En résumé, la cellule externe de chaque grand secteur latéral se comporte exactement comme le petit secteur latéral; elle donne comme lui naissance, par double cloisonnement, à un premier tube criblé et à ses deux cellules annexes, et cette production se fait de la même manière.

Peu après leur formation, les premiers tubes criblés se différencient; leur paroi transversale acquiert des ponctuations bien marquées, en même temps que leur paroi longitudinale s'épaissit beaucoup, sauf en de petites plages un peu irrégulières où elle paraît plus transparente. Quand ces tubes criblés ont acquis leur maximum de différenciation (*t*, fig. 49), ils présentent sur les coupes transversales un aspect tout à fait particulier. Ils ont une forme losangique bien régulière, leur paroi est épaissie surtout aux angles où elle fait vers l'intérieur une petite saillie arrondie. Ils apparaissent, sur les coupes, avec d'autant plus de netteté que tous les autres éléments ne présentent encore aucune différenciation.

Mais cet état a une durée assez courte. Bientôt la paroi des tubes criblés perd peu à peu ses caractères particuliers, son revêtement interne si saillant s'atténue de plus en plus, de telle sorte que sur les coupes plus âgées, la paroi latérale de ces tubes (*t*, fig. 50) ne se distingue plus, par aucune différenciation appréciable, de la paroi des cellules annexes par exemple. La forme carrée ou losangique des tubes qui persiste, au moins dans la plupart des cas, et surtout leur situation à l'intersection des deux cellules endodermiques, permet de les reconnaître toujours avec certitude.

Longtemps après, l'unique cellule dont se compose le petit secteur supérieur et la cellule externe du grand secteur inférieur se différencient en vaisseaux (*v*, *v'*, fig. 50); et plus tard

enfin, la cellule centrale de ce grand secteur inférieur se différencie à son tour en un vaisseau (V, fig. 50), de taille beaucoup plus grande que les précédents. Les deux autres cellules centrales (*o*, *o*, fig. 50), appartenant aux deux grands secteurs latéraux, demeurent sans différenciation spéciale et représentent là le conjonctif.

Lors de son complet développement, cette racine possède donc deux faisceaux ligneux centripètes, diamétralement opposés, et deux faisceaux libériens alternes avec les précédents.

Le faisceau ligneux supérieur, réduit à un seul vaisseau (*v*), est fourni par le petit secteur supérieur, qui est tout entier employé à le produire et qui par conséquent, ici comme chez les Fougères, mérite bien le nom de secteur ligneux ou petit secteur ligneux.

Le faisceau ligneux inférieur, composé de deux vaisseaux (*v'*, V) superposés en file radiale, est fourni par le grand secteur inférieur, qui est tout entier employé à le produire et mérite par conséquent aussi le nom de secteur ligneux ou grand secteur ligneux.

Le faisceau libérien gauche est composé de deux tubes criblés pourvus chacun de deux cellules annexes; le tube inférieur gauche, et ses deux cellules annexes, est fourni par le petit secteur gauche qui est consacré tout entier à cette production, et pour cette raison mérite bien le nom de secteur libérien ou petit secteur libérien gauche. Le tube criblé supérieur gauche, avec ses deux cellules annexes, dérive du grand secteur gauche qui peut donc aussi s'appeler secteur libérien ou grand secteur libérien gauche. Ce secteur fournit en outre une cellule centrale qui représente là le conjonctif (*o*).

De même, le faisceau libérien droit est formé de deux tubes criblés, pourvus chacun de deux cellules annexes, qui sont produits : l'inférieur par le petit secteur droit, le supérieur par le grand secteur du même côté, et qui par conséquent peuvent être également désignés sous les noms de petit secteur libérien droit et grand secteur libérien droit.

Ce grand secteur fournit aussi une cellule centrale de conjonctif (*o*).

Rappelons que ces six secteurs dérivent des trois segments primitifs de la façon suivante : le premier segment a donné le grand secteur libérien gauche et le petit secteur ligneux, le second segment a donné le grand secteur libérien droit et le petit secteur libérien du même côté, tandis que le troisième segment a donné le grand secteur ligneux et le petit secteur libérien gauche.

Nous constatons donc que des trois segments primitifs, le premier produit en définitive la moitié du faisceau libérien gauche, plus une cellule centrale et le faisceau ligneux supérieur; le second fournit le faisceau libérien droit tout entier plus une cellule centrale; tandis que le troisième produit le faisceau ligneux inférieur et la moitié du faisceau libérien gauche. C'est-à-dire que deux segments sont libéroligneux, le troisième étant exclusivement libérien.

Remarquons enfin que cette racine, à l'état adulte, possède d'une part six cellules endodermiques, d'autre part quatre tubes criblés et deux premiers vaisseaux. Cette remarque sera utilisée ultérieurement.

La racine que nous venons de décrire a été étudiée, ainsi que nous l'avons dit, par Nägeli et Leitgeb (1), et les diverses cloisons de sa stèle ont été très exactement figurées par ces auteurs. Mais ils ont signalé seulement deux vaisseaux, ceux qui correspondent à nos premiers vaisseaux (*v*, *v'*), et n'ont fait aucune mention spéciale aux tubes criblés.

La structure précédente est celle d'une radicelle très grêle, mais si l'on s'adresse à une radicelle de grosseur très grande ou même moyenne, telle qu'il en naît de la tige directement; on y rencontre des éléments en nombre plus considérable qui, d'après Nägeli et Leitgeb, ne sont plus susceptibles d'une description certaine, en raison de la complication qu'ils présentent (2). Nous allons essayer de suivre la marche du

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*, p. 109.

cloisonnement malgré sa complication, et nous verrons qu'on peut encore en donner une description complète.

Nous distinguerons d'abord deux cas au point de vue de la formation, tant de l'écorce que de la stèle. Tantôt, en effet, les cloisons radiales, qui partagent les segments corticaux dans toute leur épaisseur, atteignent immédiatement leur nombre définitif, de telle sorte que le nombre des cellules des trois assises internes de l'écorce demeure désormais fixé; tantôt, au contraire, ces cellules n'atteignent pas immédiatement leur nombre définitif, certaines d'entre elles se divisant ultérieurement par des cloisons radiales. Ce cloisonnement tardif retentit sur la stèle, ainsi que nous le verrons, et cela nous oblige à distinguer deux modes de formation.

Ces deux modes de formation se trouvent d'ailleurs souvent sur la même plante. Ils paraissent être sous l'influence de causes extérieures, la racine formant immédiatement tous les éléments semblables quand sont réunies les conditions favorables à son développement rapide; dans le cas contraire, son extrémité demeure grêle, et c'est plus lentement qu'elle acquiert son diamètre définitif. Ce dernier cas, présentant une complication moins soudaine, sera plus facile à suivre, c'est pourquoi nous allons le considérer en premier lieu.

Deuxième type. — La première cloison qui apparaît dans chacun des trois segments primitifs est la cloison tangentielle cortico-stélique (l, fig. 51), car la séparation primordiale de l'écorce et de la stèle est un fait général dans les racines des Équisétacées, puis chaque portion corticale se divise par une cloison radiale (*a*, fig. 51). A partir de ce stade, il convient de suivre à part chaque segment cortical, parce que leur développement n'est pas identique. Le segment cortical inférieur demeure divisé par une seule cloison radiale (*a*), tandis que les deux segments corticaux supérieurs prennent une seconde cloison radiale (*b*, fig. 51) et se trouvent subdivisés chacun en trois parties égales. Chacune

des huit parties ainsi formées se dédouble ensuite par une cloison tangentielle externe (1, fig. 51), puis par une seconde cloison tangentielle interne (2, fig. 51), de façon à former ensemble trois régions concentriques dont l'interne demeure simple, comme dans le premier exemple. La région moyenne se subdivise successivement, par trois cloisons tangentielles, en direction centrifuge, de façon à donner quatre assises. La région interne se comporte comme dans le premier exemple ; elle se dédouble plus tard par une seule cloison tangentielle (4, fig. 52) en deux assises. Dans la région externe, l'assise unique (exoderme) forme dans chacun de ses segments une ou plusieurs cloisons radiales ; il en est de même pour les assises externes de la région moyenne, tandis que son assise interne se comporte comme les deux assises de la région interne, c'est-à-dire ne prend aucune cloison radiale, au moins immédiatement. Ces trois dernières assises corticales demeurent donc composées chacune de huit cellules exactement superposées suivant le rayon.

Dans la stèle, chacun des trois segments se divise d'abord, par une cloison oblique (*g*, fig. 51) qui part du milieu de sa paroi externe ou tangentielle et vient aboutir à sa paroi radiale, au tiers de sa longueur comptée à partir du centre. Cela donne, comme dans le premier exemple, six secteurs disposés dans le plan transversal, de telle façon que les trois grands, seuls réunis au centre, alternent régulièrement avec les trois petits.

Chacun des grands secteurs se divise, par une cloison tangentielle (III, fig. 51), en une région centrale et une région externe. C'est là le stade auquel s'est arrêté le cloisonnement dans notre premier exemple.

A partir de ce stade, il faut considérer à part le développement de chaque secteur. Dans chaque grand secteur latéral, la région externe se partage en deux par une cloison radiale (*f*, fig. 51). Chacun des deux petits secteurs latéraux se dédouble par une cloison tangentielle (*h*, fig. 52) en une région interne (D, fig. 52) et une région externe. Le petit secteur

supérieur (s_1, fig. 51, 52) grandit beaucoup, mais ne se cloisonne pas encore.

La région centrale du grand secteur inférieur grandit beaucoup sans se cloisonner jamais ; on peut de suite la distinguer de toutes les autres parties, car elle est destinée à se différencier directement en un vaisseau qui sera le grand vaisseau central (V, fig. 53, 54). La région centrale (o, fig. 51) des deux grands secteurs latéraux se divise, dans chacun d'eux, par une cloison radiale, ce qui donne deux cellules centrales de chaque côté (o', o', fig. 52).

La stèle à ce moment présente donc la composition suivante : cinq cellules centrales dont la plus grande (V) appartient au grand secteur inférieur, les quatre autres (o', o', o', o') appartenant, deux par deux, aux deux grands secteurs latéraux ; deux cellules internes (D, D, fig. 52) formées, une de chaque côté, par les deux petits secteurs latéraux ; enfin, huit cellules externes produites : l'inférieure (C, fig. 52) par le grand secteur inférieur, la supérieure (s_1, fig. 52) par le petit secteur supérieur, les deux latérales supérieures (C', C', fig. 52), de chaque côté, par le grand secteur latéral correspondant, et la latérale inférieure, de chaque côté, par le petit secteur latéral correspondant. Ces huit cellules externes alternent très régulièrement avec les huit cellules corticales internes, de telle façon que le rapport entre les éléments de la stèle et les éléments de l'écorce, que nous avons observé dans le premier exemple, se retrouve ici.

Le petit secteur supérieur (s_1) ayant pris une grande taille en s'avançant surtout vers la droite, les cellules corticales internes superposées ont elles aussi pris un accroissement correspondant, dans le sens tangentiel. Bientôt ces trois cellules superposées se divisent chacune, par une cloison radiale (b', fig. 52), ce qui porte à neuf le nombre des séries radiales des assises corticales internes.

Aussitôt après ce cloisonnement cortical, le petit secteur supérieur (s_1) se divise à son tour, par une cloison radiale (f', fig. 53), en deux cellules dont la droite demeure

indivise et se transformera directement en vaisseau (*v*, fig. 54), tandis que la gauche va se comporter tout autrement.

Dans la région externe des deux grands secteurs latéraux, chaque cellule (C′) se divise par une cloison peu oblique (*i*, fig. 53) en deux cellules inégales; la plus grande des deux cellules filles ainsi produites se divise ensuite par une cloison très oblique (*k*, fig. 53) en deux cellules dont l'externe (*t*) s'insinue également, d'une part entre sa cellule sœur et la cellule sœur de sa cellule mère, et d'autre part entre les deux cellules endodermiques, à l'intersection desquelles elle correspond. En un mot, chacune de ces quatre cellules externes, des deux grands secteurs latéraux, est une cellule mère primitive d'un tube criblé (*t*) et de ses deux cellules annexes (*n*, *n*).

La cellule gauche récemment formée, dans le petit secteur supérieur (s_1), se comporte pareillement; elle donne aussi un tube criblé et deux cellules annexes. La cellule externe du petit secteur gauche donne, de la même manière, naissance à un tube criblé (*t*) et à deux cellules annexes; ce qui nous fait, pour le côté gauche, quatre premiers tubes criblés (*t*, *t*, *t*, *t*, fig. 53) accompagnés chacun de deux cellules annexes.

La cellule externe du petit secteur droit produit de son côté, et toujours par le même procédé, un premier tube criblé (*t*) et deux cellules annexes disposées comme les précédentes; mais bientôt après, la cellule annexe inférieure s'élargit beaucoup.

Les cellules corticales superposées à cette dernière cellule annexe s'accroissent de leur côté, dans le même sens, et se divisent ensuite par une cloison radiale (*b″*, fig. 57), en deux cellules de même taille, ce qui élève à dix le nombre des séries radiales des trois assises corticales internes.

La grande cellule annexe du petit secteur droit se comporte alors, comme une cellule mère primitive, donnant un premier tube criblé (*t*) et deux cellules annexes, et l'on a de cette manière, pour le côté droit, quatre premiers tubes criblés (*t*, *t*, *t*, *t*, fig. 53) pourvus chacun de deux cellules annexes,

à l'exception cependant des deux tubes criblés inférieurs, qui n'ont entre eux qu'une seule cellule annexe, laquelle appartient au tube inférieur, par son origine, mais demeure, par sa position, commune à ces deux tubes.

Pendant que ce développement s'effectue à droite, la cellule externe (C, fig. 52) du grand secteur inférieur (S_3), jusque-là indivise, prend une grande taille en s'avançant surtout vers la gauche.

Les cellules corticales superposées à cette grande cellule s'accroissent aussi dans la même direction, puis se divisent, par une cloison radiale (*b'''*, fig. 53), en deux cellules de même taille, ce qui porte à onze le nombre des séries radiales des assises internes de l'écorce.

La cellule externe (C) du grand secteur inférieur se comporte alors, de la même façon que le petit secteur diamétralement opposé, c'est-à-dire qu'elle se divise, par une cloison radiale, en deux cellules dont la gauche devient un vaisseau (*v*), tandis que la droite donne naissance à un premier tube criblé (*t*) et à deux cellules annexes.

Chacune des deux cellules internes (D, fig. 62), provenant des petits secteurs latéraux, se partage, par une cloison radiale, donnant en définitive quatre cellules (D', D', D', D', fig. 53), deux de chaque côté, qui demeurent à l'état de conjonctif.

Des quatre cellules centrales (*o'*, *o'*, *o'*, *o'*, fig. 52), produites par les deux grands secteurs latéraux, la supérieure droite se différencie, tardivement, en un vaisseau central (V', fig. 54) qui arrive à se placer en dedans du vaisseau externe supérieur (*v*) ; tandis que sa cellule sœur *o'* et les deux autres cellules centrales de gauche (*o'*, *o'*) restent à l'état de cellules de conjonctif.

Peu après leur formation, les premiers tubes criblés, que nous venons d'énumérer, se différencient, ainsi que nous l'avons indiqué pour le premier exemple, et quand ils ont atteint leur maximum de différenciation, ils présentent un aspect bien caractéristique (*t*,*t*,*t*, fig. 54). La phase

correspondant au maximum de leur différenciation est assez courte ; ils perdent ensuite peu à peu leurs caractères différentiels et, sur les coupes âgées, leur paroi latérale ne se distingue, par aucune particularité, de la paroi des cellules annexes.

Ensuite, les vaisseaux externes ou premiers vaisseaux (*v*, *v*) se différencient, leur paroi acquiert une grande épaisseur; puis les vaisseaux centraux (V, V',) se différencient, plus tard encore.

Pendant ce temps, l'écorce présente des modifications analogues à celles que nous avons déjà indiquées; la seconde assise corticale interne prend les plissements caractéristiques, et des lacunes allongées radialement se forment entre les cellules de l'assise qui lui est superposée.

En définitive, quand cette racine a acquis son complet développement, elle possède deux faisceaux ligneux centripètes, réunis au centre en une bande diamétrale, et deux faisceaux libériens alternes.

Le faisceau ligneux supérieur est formé de deux vaisseaux de taille peu différente, mais dont le premier appartient au petit secteur supérieur, tandis que le central est formé par le grand secteur droit. Le faisceau ligneux inférieur est composé de deux vaisseaux, qui sont fournis tous deux par le grand secteur inférieur et dont le central atteint une grande taille.

Le faisceau libérien gauche est formé de quatre tubes criblés, accompagnés de leurs cellules annexes, produits : le supérieur par le petit secteur supérieur (s_1), l'inférieur par le petit secteur gauche, et les deux autres par le grand secteur gauche.

Le faisceau libérien droit possède cinq tubes criblés, accompagnés de leurs cellules annexes, sauf deux d'entre eux, qui ont une cellule annexe commune. De ces cinq tubes, les deux supérieurs sont produits par le grand secteur droit, l'inférieur provient du grand secteur inférieur et les deux autres, qui ont une cellule annexe commune, sont fournis par le petit secteur droit.

Enfin, le conjonctif est formé par sept cellules : quatre internes (D', D') produites par les deux petits secteurs latéraux, et trois centrales (*o'*, *o'*, *o'*) fournies, deux à gauche par le grand secteur gauche, et une à droite par le grand secteur droit.

Nous pouvons remarquer que les cellules endodermiques sont maintenant au nombre de onze, et que les premiers tubes criblés, ajoutés aux vaisseaux externes ou premiers vaisseaux (*v*, *v*), sont aussi au nombre de onze. Il y a, en effet, quelle que soit la racine considérée, le même rapport constant entre les cellules endodermiques, d'une part, et les premiers tubes criblés et les premiers vaisseaux, d'autre part.

En désignant par N le nombre des cellules endodermiques, par m le nombre des premiers tubes criblés, et par n le nombre des premiers vaisseaux, on a la relation suivante :

$$N = m + n,$$

qui exprime le rapport qui existe entre les divers éléments.

H. Campbell avait déjà remarqué (1) que les groupes de bois et de liber correspondent généralement au nombre des cellules endodermiques. Mais, ainsi formulée, cette remarque ne s'applique exactement que dans les cas, peu nombreux, où chaque faisceau libérien comprend un seul premier tube criblé ; or, dans la grande majorité des racines des Prêles, un faisceau libérien possède plusieurs premiers tubes criblés disposés comme nous venons de l'indiquer.

Si l'on remonte le cours du développement de cette racine, on constate que chacun des trois segments primitifs produit, à la fois, des premiers tubes criblés et des vaisseaux. Parmi les six secteurs, on n'en trouve plus qui demeurent exclusivement ligneux, mais il en est qui se montrent exclusivement libériens ; ce sont les deux petits secteurs latéraux et le grand secteur gauche.

Dans la description de ce développement, nous avons

(1) *Loc. cit.*

réuni, comme dans le premier exemple, tous les cloisonnements propres aux six cellules mères primitives des tubes criblés, cela afin d'éviter des répétitions et de faire mieux saisir la généralité du mode de formation de ces tubes criblés; mais, dans la réalité, ces cloisonnements se font dans un ordre moins régulier. Ainsi la cellule mère supérieure de gauche, par exemple, a réalisé son double cloisonnement, alors que la cellule mère inférieure de droite est encore indivise.

Troisième type. — Nous allons maintenant étudier le cas où la racine acquiert immédiatement toutes les cloisons radiales que doivent posséder les assises internes de l'écorce. Parmi les racines qui réalisent ce cas, nous allons en choisir une qui montre, lors de son développement complet, la disposition décrite par M. Van Tieghem (1) comme type de la structure de la racine des Prêles. La racine ainsi décrite appartenait à l'*E. variegatum*; celle que nous allons prendre appartient encore à l'*E. ramosissimum*, car nous tenons à prendre nos divers types chez la même espèce, mais la marche du cloisonnement est la même, que cette racine soit empruntée à l'une ou à l'autre espèce.

Tout d'abord, l'écorce se sépare de la stèle par une cloison tangentielle (I, fig. 55), puis aussitôt après se forment les cloisons radiales (*a*, *b*, fig. 55), qui divisent chaque segment cortical en deux, puis en quatre parties égales. Ensuite, une cloison tangentielle externe (1, fig. 55), puis une cloison tangentielle interne (2, fig. 55) partagent l'écorce en trois régions : une externe, une moyenne et une interne. La région externe demeure simple, la région interne se dédouble plus tard par une cloison tangentielle (4, fig. 58) en deux assises, comme dans les deux exemples précédents. La région moyenne se divise, par des cloisons tangentielles centrifuges (3, fig. 56 et 57), de façon à donner cinq assises.

Chaque segment de l'exoderme se divise par trois cloisons

(1) *Loc. cit.*

radiales, de manière à présenter, dans le plan transversal, quatre cellules exodermiques pour une cellule endodermique ; car dans le mode de formation que nous étudions en ce moment les cellules de la région corticale interne ne produisent plus désormais de cloison radiale. Il en est ainsi d'ailleurs pour l'assise interne de la région moyenne ; tandis que les quatre autres assises de cette région se cloisonnent radialement, une ou plusieurs fois, dans chaque cellule. A l'état adulte, ces assises externes corticales forment un tissu assez serré, présentant peu ou pas de méats, dans lequel l'arrangement primitif des cellules en files radiales n'est pas conservé.

L'assise interne de la région moyenne et les deux assises de la région interne demeurent superposées, cellule par cellule, formant ensemble douze séries radiales régulières. Ces assises présentent toujours, entre leurs cellules, des méats (fig. 57 et 58) qui offrent une assez grande régularité. C'est en dehors de l'assise plissée que se trouvent les plus grands méats (*p*, fig. 59), qui dans la suite, arrivent à former de grandes lacunes séparant complètement entre elles les cellules superposées à l'assise plissée.

Les trois segments de la stèle se divisent, par une cloison oblique (F, fig. 55, 56), en deux cellules inégales, de façon à donner six secteurs disposés en alternance comme précédemment.

Chaque grand secteur se partage par une cloison tangentielle (III, fig. 56) en deux cellules, l'une centrale (O), l'autre externe ; chaque cellule externe se divise en deux par une cloison radiale (*f*, fig. 56). Chaque petit secteur se divise aussi, par une cloison radiale (*f'*, fig. 56), en deux cellules; ce qui nous fait, en dehors des trois cellules centrales, douze cellules externes alternant très régulièrement avec les douze cellules endodermiques. Nous retrouvons donc là encore le rapport constant, entre la stèle et l'écorce, que nous avons signalé précédemment.

Les deux cellules de chacun des petits secteurs se divisent,

par une cloison tangentielle (*h*, fig. 57) en une cellule externe et une cellule interne (D, fig. 57). La cellule externe, la plus éloignée du grand secteur frère, se divise aussi par une cloison tangentielle (*l*, fig. 57) en une cellule externe et une cellule interne (D). L'autre cellule demeure indivise et doit plus tard se différencier en un vaisseau (*v*, fig. 59). Jusqu'ici le cloisonnement était symétrique tout autour de l'axe, mais à présent il convient de considérer à part chaque secteur.

Des trois cellules centrales (*o*, *o*, *o*, fig. 56), celle qui appartient au grand secteur inférieur, demeure indivise et peut être distinguée dès à présent, car elle grossit beaucoup et doit devenir le grand vaisseau central (V, fig. 59 et 60) ; les deux autres se divisent chacune en deux, par une cloison radiale, donnant quatre cellules centrales (*o'*, *o'*, *o'*, *o'*, fig. 57). Nous avons donc maintenant dans la stèle cinq cellules centrales dont une grande (V) et quatre petites (*o'*, *o'*, *o'*, *o'*) groupées deux à deux ; neuf cellules internes (D) groupées trois par trois, et neuf cellules externes groupées aussi trois par trois et superposées en dehors des précédentes avec lesquelles elles forment trois groupes séparés l'un de l'autre par une cellule demeurée indivise (*v*).

Les trois cellules externes restées indivises sont destinées à se différencier, beaucoup plus tard, en vaisseaux (*v*, *v*, *v*, fig. 59). Les quatre autres cellules centrales (*o'*, *o'*, *o'*, *o'*) et les neuf cellules internes (D) resteront en général indivises et formeront le conjonctif.

Les neuf cellules externes ont toutes le même sort ; elles doivent être considérées comme autant de cellules mères des premiers tubes criblés et de leurs cellules annexes. Chacune d'elles, en effet, se dédouble, par une cloison peu oblique (*i*, fig. 58), en deux cellules filles dont l'une correspond à l'intersection de deux cellules endodermiques. Cette dernière, un peu plus tard, se sépare en deux par une cloison très oblique (*k*, fig. 58), qui se rend du milieu de la cloison peu oblique précédente à la paroi externe, de façon à

donner une cellule polygonale plus ou moins irrégulière vers l'intérieur, et une cellule externe de forme losangique. Cette dernière est le futur tube criblé (*t*, fig. 59) qui s'intercale, comme dans les cas précédents, vers l'intérieur, entre sa cellule sœur (*n*) et la cellule fille non dédoublée (*n*, fig. 59) et, vers l'extérieur, entre deux cellules endodermiques. Il prend peu à peu sa forme et son aspect caractéristique; quand il a acquis son maximum de différenciation (*t*, fig. 59), sa paroi transversale est transformée en un crible dont on voit nettement les pores, sa paroi latérale s'épaissit beaucoup, surtout aux angles où le revêtement interne forme une sorte de saillie arrondie à l'intérieur du tube. En un mot, quel que soit le type de structure de la racine considérée, le tube criblé présente toujours le même aspect. Quand il a perdu cet aspect caractéristique, il demeure facilement reconnaissable, grâce à sa forme et à son intercalation régulière entre deux cellules endodermiques.

Plus tard, les trois cellules externes demeurées indivises se différencient en vaisseaux, grandissent un peu et acquièrent une forme arrondie (*v*, fig. 60).

Plus tard encore, la grande cellule centrale se transforme à son tour en un vaisseau (V, fig. 60), qui demeure toujours plus grand que les précédents.

La racine, à l'état adulte, possède donc trois faisceaux ligneux alternes avec trois faisceaux libériens.

Le faisceau ligneux inférieur centripète est formé de deux vaisseaux (*v*, V), superposés suivant le rayon, dont le central (V) atteint une grande taille et qui sont tous les deux produits par le grand secteur inférieur. Le faisceau ligneux droit, réduit à un seul vaisseau (*v*) fourni par le grand secteur droit. Le faisceau ligneux gauche, réduit aussi à un seul vaisseau (*v*) fourni par le grand secteur gauche. Chaque faisceau libérien est composé de trois premiers tubes criblés (*t*, *t*, *t*) dont deux sont produits par un petit secteur, le troisième étant produit par le grand secteur frère.

Enfin, les neuf cellules internes (D) demeurent à l'état

de conjonctif, ainsi que les quatre cellules centrales (o', o'). Ces quatre cellules correspondent deux à deux au grand vaisseau central (V), de telle sorte que si l'on supposait à leur place deux vaisseaux centraux, l'appareil conducteur tout entier atteindrait, dans cette racine, une symétrie complète par rapport à l'axe, et cette symétrie existerait pendant toutes les phases de son développement.

En effet, en prenant pour point de départ la cellule initiale, nous constatons aisément que chacun de ces trois segments produit un premier vaisseau et trois premiers tubes criblés, disposés de la même manière. Mais, tandis que les deux segments supérieurs donnent chacun deux cellules centrales de conjonctif, le segment inférieur produit un seul élément, le grand vaisseau central.

C'est ce type de structure, où trois faisceaux ligneux alternent avec trois faisceaux libériens, qui se rapproche le plus du type idéal où la symétrie axile serait complète, tant par le nombre et la disposition des divers éléments, à l'état adulte, que par le nombre et la disposition des éléments produits par chacun des trois segments de la cellule initiale. On rencontre encore, chez les Prêles, d'autres types de structure : par exemple, il en est qui possèdent quatre faisceaux ligneux et qui s'écartent encore davantage de la symétrie, en ce qui concerne la production de chaque segment primitif.

Dans les exemples que nous avons décrits, nous n'avons mentionné que les premiers tubes criblés. Il arrive parfois, surtout quand la racine considérée est très grosse, que le cloisonnement est poussé plus loin et que de nouveaux tubes criblés sont formés aux dépens d'une ou de plusieurs des cellules annexes qui, en général, se cloisonnent une seule fois obliquement pour leur donner naissance. De même, de nouveaux vaisseaux peuvent s'ajouter dans un ou plusieurs faisceaux ligneux ; et ces nouveaux vaisseaux sont formés, aux dépens des cellules mères des premiers vaisseaux qui se cloisonnent davantage. Il en est ainsi pour

les cellules du conjonctif, qui peuvent se dédoubler, comme on le voit (o'', fig. 60), augmentant aussi le nombre des éléments de la racine. Mais ce sont là des variations particulières qui n'apportent aucune restriction aux conclusions générales que nous fournira l'étude des Prêles.

En effet, le mode de formation des premiers tubes criblés que nous avons décrit, dans les trois types précédents, se retrouve, dans toutes les racines des diverses espèces d'*Equisetum* que nous avons pu examiner. Il est fort différent, comme on voit, de celui que présente la racine des autres Cryptogames vasculaires où les premiers tubes criblés se différencient directement, sans formation de cellules annexes.

Toutefois, ce mode de formation n'est pas spécial aux Équisétacées, nous l'avons rencontré dans les Phanérogames et, en particulier, chez les Graminées à la racine desquelles il imprime par sa constance et sa régularité, un aspect caractéristique sur lequel nous avons beaucoup insisté (1). On trouve d'ailleurs, en ce qui concerne les vaisseaux de ces deux groupes de plantes, quelques particularités semblables qui ajoutent à la similitude profonde qu'elles présentent et qu'il est intéressant de constater.

Il convient de résumer, en terminant l'étude des Prêles, les caractères principaux qui paraissent particuliers à ce groupe.

1° La séparation de l'écorce et de la stèle précède la formation des six secteurs, au lieu de la suivre comme dans les Fougères. Cela explique l'alternance des éléments de l'écorce et de la stèle, qui contraste si fort avec la superposition des mêmes éléments chez les Fougères, et qui a tant préoccupé Nägeli et Leitgeb.

2° A partir de la formation des six secteurs, on doit distinguer plusieurs types de développement.

3° Malgré leur séparation précoce, il y a toujours entre la stèle et l'écorce un rapport constant, car l'ensemble des

(1) *Loc. cit.*

premiers tubes criblés (m) et des premiers vaisseaux (n) est toujours égal au nombre (N) des cellules endodermiques :

$$N = m + n.$$

4° Les premiers tubes criblés sont toujours accompagnés de deux cellules annexes.

5° Le mode de formation du premier tube criblé avec ses deux cellules annexes, par le double cloisonnement d'une cellule mère primitive, n'a pas été rencontré encore parmi les autres Cryptogames vasculaires ; tandis qu'il se trouve dans beaucoup de Phanérogames et en particulier chez les Graminées.

Gymnospermes.

Les Gymnospermes ont été l'objet de recherches particulièrement nombreuses, mais on ne trouve aucune indication relative au développement des premiers tubes criblés de la racine, avant la publication de notre première note sur ce sujet (1).

Cycadées.

Cycas circinalis (fig. 61, Pl. VIII). — Les cellules initiales de la racine du *Cycas* ne se distinguent des autres cellules, ni par leur forme ni par leur taille ; il serait donc difficile de suivre la marche du cloisonnement des segments auxquels elles donnent naissance, ainsi que nous l'avons fait pour la plupart des Cryptogames vasculaires.

On constate la formation de cellules, ayant à peu près même forme et même taille, qui se cloisonnent dans des directions différentes ; c'est parmi ces cellules de la région centrale que se trouvent les cellules qui vont évoluer en tubes criblés. Mais avant que ces derniers aient commencé à se différencier, on ne peut avec certitude reconnaître les cellules qui doivent leur donner naissance.

(1) G. Chauveaud, *De l'existence d'éléments précurseurs des tubes criblés chez les Gymnospermes* (Comptes rendus de l'Acad. des Sc., 30 juin 1902).

A une faible distance du sommet, les cellules de la région centrale de cette racine se montrent plus petites que les cellules de la région externe, sans qu'il y ait de limite tranchée entre les unes et les autres ; le passage se fait de façon insensible, de sorte qu'à ce moment, sur les coupes préparées à la façon habituelle, on ne voit pas mieux la limite entre la stèle et l'écorce que la séparation entre l'écorce et la coiffe.

D'autre part, la différenciation des premiers tubes criblés est peu marquée chez les Cycadées en général, tandis que chez les Cryptogames vasculaires elle est, au contraire, très accentuée le plus souvent. Ce caractère se retrouve aussi dans la plupart des autres Gymnospermes, où les premiers tubes criblés ne présentent qu'à un faible degré les modifications caractéristiques de ces éléments. En outre, tandis que, dans les Cryptogames vasculaires, les premiers tubes criblés sont les premiers éléments qui se différencient — exception faite pour l'*Azolla* qui différencie d'abord ses premiers vaisseaux, — chez les Cycadées, ce sont les cellules sécrétrices, connues depuis longtemps sous le nom de tubes gommeux ou mucilagineux, qui se montrent avant les premiers tubes criblés.

C'est encore là un caractère que nous retrouverons dans les Conifères, où des cellules sécrétrices, tout à fait comparables aux tubes gommeux des Cycadées, se différencient au voisinage immédiat des cellules initiales, longtemps avant les premiers tubes criblés.

Dans le *Cycas circinalis*, on voit ces cellules sécrétrices se différencier rapidement ; elles prennent une taille supérieure aux cellules voisines et leur contenu acquiert des modifications particulières. Ces cellules sont situées en des régions de la stèle, correspondant aux futurs faisceaux libériens. Les premières apparaissent dans la région périphérique de la stèle en dehors de ces faisceaux, les autres se montrent en dedans des précédentes, dans le faisceau libérien lui-même.

En dedans, et d'ordinaire au contact de la première cellule sécrétrice, un premier tube criblé se différencie ensuite, aux dépens d'une cellule, à peu près semblable aux autres cellules stéliques, par sa taille ainsi que par sa forme. Quand ce premier tube criblé a acquis son maximum de différenciation, il ne présente, ainsi que nous venons de le faire remarquer, qu'à un faible degré l'aspect caractéristique de ces éléments ; sa forme polygonale plus ou moins irrégulière est un peu allongée, suivant le rayon, et sa paroi est peu épaissie. De part et d'autre de ce tube criblé, les cellules voisines évoluent, à leur tour, et donnent d'autres tubes criblés semblables au précédent.

Le nombre des premiers tubes criblés (*t*, fig. 61) est variable et d'ordinaire il est en rapport avec la grosseur de la racine, comme c'est le cas général. Parfois, il n'y a pour chaque faisceau libérien qu'une cellule sécrétrice, autour de la moitié interne de laquelle sont disposés les premiers tubes criblés ; mais souvent il y a plusieurs de ces cellules sécrétrices, dans chaque faisceau libérien, et les cellules se trouvent intercalées, par leur bord interne, entre les premiers tubes criblés.

A une très faible distance du sommet, la différenciation de la racine se montre déjà fort avancée, et la limite de la stèle est devenue facile à distinguer, grâce aux plissements caractéristiques pris par l'endoderme (E, fig. 61) ; en dehors, la seconde assise sus-endodermique a acquis des épaississements encore plus marqués. Le péricycle est formé d'une assise de cellules qui ressemblent beaucoup, à l'exception des plissements, aux cellules endodermiques, et en dedans de lui, se trouvent deux faisceaux libériens composés de cellules polygonales sensiblement allongées, suivant le rayon, qui sont les premiers tubes criblés et de cellules arrondies un peu plus grandes qui sont les cellules sécrétrices.

Les deux faisceaux ligneux (L) sont formés de plusieurs vaisseaux étalés, côte à côte, et séparés des faisceaux libériens par une ou deux cellules du conjonctif.

Conifères.

Thuia orientalis (fig. 62, 63, Pl. VIII). — Dans le *Thuia*, comme dans les autres Conifères que nous allons étudier ensuite, nous n'allons plus retrouver la disposition régulière, en un petit nombre de segments détachés de la cellule initiale, mais bien un méristème composé d'un grand nombre de cellules ne se distinguant les unes des autres ni par la forme, ni par la taille. C'est seulement, à une distance assez grande des initiales, quand les éléments commenceront à présenter les premières traces de leur différenciation que nous pourrons les signaler. Nous avons déjà rencontré, parmi les Cryptogames, certaines plantes où la cellule initiale possède plus de trois faces internes et donne une série de segments, peu différents par leur forme et leur grandeur qui constituent, sur les coupes transversales, un méristème assez homogène. Si, parmi les Conifères, nous avons choisi le *Thuia* comme premier type, c'est parce qu'il présente un petit nombre de faisceaux, ce qui facilite les recherches et que, d'autre part, ses racines étant assez grêles, le nombre de leurs cellules est peu élevé, ce qui simplifie la description.

A une très faible distance du sommet, on constate que certaines cellules cessent de se cloisonner, et acquièrent une taille plus grande que les autres cellules de la stèle qui demeurent presque toutes semblables entre elles. Ces grandes cellules (*a*, fig. 62) arrivent bientôt à former ensemble deux groupes qui, sur les coupes examinées directement, sans l'aide de réactif, se montrent comme deux taches claires, en forme de fuseaux, se détachant sur le fond sombre du reste de la coupe. Si l'on cherche à suivre le développement de ces grandes cellules, on voit qu'elles prennent naissance aux dépens de cellules placées en dedans de l'assise périphérique de la stèle. Certaines de ces cellules se dédoublent, par une cloison tangentielle, et les cellules qu'elles produisent ainsi, se trouvent disposées en deux assises, formant ensemble un

arc étalé dans le sens tangentiel. Ces assises présentent toujours une assez grande irrégularité, due à ce que le cloisonnement tangentiel ne frappe pas également toutes les cellules primitives.

Quand ce dédoublement s'opère, les cellules qui en sont le siège se trouvent à une distance des initiales de la stèle correspondant à une dizaine de cellules. Ensuite, les cellules de ces deux arcs cessent bientôt de se cloisonner transversalement et continuent de croître, surtout dans le sens de l'axe de la racine, acquiérant une grande longueur qui leur donne une forme tubulaire bien marquée.

Le nombre de ces cellules tubulaires est assez variable ; il y en a une douzaine au plus, dans l'assise externe de chaque arc, et ce nombre est moins élevé, dans l'assise interne, parce que certaines des cellules primitives, en particulier celles qui se trouvent situées aux extrémités de l'arc, ne se sont pas dédoublées tangentiellement. La forme de ces éléments varie aussi comme leur grosseur. En général, les externes sont plus gros que les internes, mais l'inverse se présente pour certains d'entre eux. Leur forme polygonale est irrégulière, et ce qui prédomine, c'est la grandeur de leur diamètre, dans le sens radial. Nous avons dit que leur longueur dans le sens de l'axe de la racine peut devenir très grande ; elle dépasse d'ordinaire trente fois leur grosseur.

Les éléments externes deviennent donc de véritables tubes ; leur paroi reste mince dans toute son étendue, en particulier sur leurs faces transversales qui, rarement planes. sont le plus souvent arrondies et disposées obliquement, ce qui en augmente la surface.

En résumé, ces éléments sont des tubes et ces tubes conduisent les substances élaborées, jusqu'au méristème terminal, grâce à la minceur de leur membrane ; mais à cela paraît se borner la différenciation de leur paroi qui ne présente aucune autre modification appréciable.

Les éléments de l'assise interne sont de véritables tubes comme les précédents, mais ils peuvent offrir un degré de

plus dans leur différenciation. Sur leurs faces transversales, leur paroi présente parfois de fines ponctuations constituant l'ébauche d'un crible. En outre, sur certains points de leurs faces longitudinales internes, leur paroi subit une modification spéciale qui aboutit à la formation, en chacun de ces points, d'une petite plage criblée. Ces seconds tubes communiquent donc facilement par ces plages criblées avec les éléments placés en dedans d'eux. C'est à ces divers tubes, plus ou moins complètement différenciés, que nous avons donné le nom d'éléments précurseurs des tubes criblés ou plus simplement le nom de tubes précurseurs (1).

Pour justifier cette appellation, il est nécessaire de s'appuyer sur les faits que révèle le développement des différentes parties d'une plantule de *Thuia* (2).

On constate, en effet, que les éléments qui, dans la radicule, présentent seulement une modification de forme et constituent des tubes à paroi amincie subissent, dans l'axe hypocotylé, des modifications plus grandes. Ces modifications sont d'autant plus grandes qu'on s'éloigne davantage de la radicule, pour se rapprocher des cotylédons. C'est ainsi que vers la partie supérieure de l'axe hypocotylé, ces tubes présentent des cribles bien développés, avec un épaississement caractéristique très marqué de leur paroi, quand ils ont acquis leur maximum de différenciation.

Ces tubes précurseurs n'ont été rencontrés jusqu'ici que chez les Gymnospermes. En effet, nous n'avons rencontré ni chez les Cryptogames que nous venons d'étudier, ni chez les Angiospermes que nous avons étudiés autrefois, aucun élément intermédiaire entre les cellules plus ou moins allongées du péricycle et les premiers tubes criblés bien différenciés. Dans ces plantes, le passage entre les cellules du conjonctif et les premiers tubes criblés paraît se faire brus-

(1) *Loc. cit.*

(2) G. Chauveaud, *Développement des éléments précurseurs des tubes criblés dans le Thuia orientalis* (Bull. du Mus. d'Hist. nat., 1902, p. 447).

quement; tandis que, dans le *Thuia* et dans les autres Conifères, ce passage a lieu progressivement, surtout quand on suit la marche de la différenciation, en partant de la radicule vers les cotylédons. Si l'on suit la marche de la différenciation du liber, en allant de l'extérieur vers le centre, sans sortir de la racine, on constate qu'il y a une différence de grosseur assez marquée, entre les tubes précurseurs et les éléments qui leur font suite et qui se différencient, à leur tour, pour devenir les premiers tubes criblés proprement dits.

Quand les tubes précurseurs, plus ou moins différenciés, sont en pleine activité, ce qui a lieu au voisinage du sommet de la racine, leur turgescence est très grande. Il en résulte une compression des cellules périphériques voisines et des cellules internes qui se traduit, sur les coupes, par un aplatissement radial de ces deux sortes de cellules.

Un peu plus tard, les cellules internes, primitivement aplaties, deviennent à leur tour turgescentes et subissent peu à peu la modification spéciale qui caractérise les premiers tubes criblés (*t*, fig. 63); leur paroi s'épaissit et sur leurs faces transversales se forment des cribles bien distincts. A partir de cette phase, les tubes précurseurs perdent leur turgescence et entrent en voie de régression. De nouveaux tubes criblés, semblables aux premiers, se différencient ensuite, aux dépens des cellules internes voisines, et complètent le faisceau libérien primaire, qui s'épaissit ultérieurement, grâce au fonctionnement de l'assise génératrice.

Les cellules situées en dedans des premiers tubes criblés se différencient pour donner de nouveaux tubes criblés, semblables aux premiers, et les cellules qui leur font suite, vers l'intérieur, deviennent génératrices et se cloisonnent activement. La formation de ces cellules nouvelles s'accompagne d'une pression qui se manifeste surtout sur les tubes précurseurs. D'abord, ce sont ceux de l'assise externe qui se réduisent, puis ceux de l'assise interne et leurs membranes comprimées forment ensemble une ligne épaissie, entre les

premiers tubes criblés et les cellules périphériques. Dès lors, il n'existe plus d'autre trace de ces éléments précurseurs, et le passage des cellules périphériques aux premiers tubes criblés, complètement différenciés, paraît se faire brusquement.

Pendant que se poursuit ainsi le développement du liber, l'endoderme acquiert ses épaississements caractéristiques (E, fig. 63), et l'assise sus-endodermique des épaississements beaucoup plus considérables. On voit alors facilement que la périphérie de la stèle comprend deux assises, plus ou moins aplaties radialement. Ces deux assises proviennent du dédoublement tangentiel de l'assise périphérique qui était simple, au moment où les tubes précurseurs ont commencé à se différencier. Dans certains cas, on trouve çà et là une seule assise périphérique en dehors des faisceaux libériens, cela tient à ce que certaines des cellules de l'assise primitive ne se sont pas dédoublées ; quelquefois même l'assise demeure simple dans toute l'étendue du faisceau libérien, ce qui a lieu surtout dans les petites racines.

Si, au lieu d'étudier une racine possédant deux faisceaux libériens, on s'adresse à une racine offrant trois de ces faisceaux, ce qui est un cas assez fréquemment réalisé dans le *T. orientalis*, on constate un changement correspondant, en ce qui concerne les tubes précurseurs. Ces éléments forment un massif plus épais, dans le sens radial, mais ils sont moins nombreux pour chaque faisceau ; et leur ensemble au lieu de former un îlot allongé en forme de fuseau, en dehors des premiers tubes criblés, forme un îlot plus ou moins arrondi. Nous avons représenté (fig. 63) une racine pourvue de trois faisceaux libériens et de trois faisceaux ligneux, où l'on voit aisément leur disposition, et où la périphérie de la stèle est constituée par une seule assise continue, aussi bien en dehors des faisceaux libériens que des faisceaux ligneux.

Cedrus argentea (fig. 64, Pl. VIII). — La première différenciation que l'on puisse constater dans les Cèdres comme dans les plantes voisines, est relative aux cellules sécré-

trices (1). Ces cellules ont une différenciation si précoce que leur extrémité arrive souvent au contact des cellules initiales de la racine. Mais pour faire cette constatation, il est indispensable, surtout quand il s'agit de coupes transversales, de conserver le contenu des cellules, car la paroi des cellules sécrétrices ne se distingue pas de la paroi des autres cellules et leur grosseur, au début, est à peu près semblable à celle des cellules voisines.

Sur des coupes préparées à la façon habituelle pour l'étude des tubes criblés, c'est-à-dire débarrassées de leur contenu protoplasmique, on ne distingue, au voisinage du sommet, aucune modification particulière. A ce niveau, la limite de la stèle exige quelque attention pour être suivie rigoureusement, mais dans son ensemble cette stèle se montre, à première vue, assez distincte de l'écorce. En effet, dans la stèle, les cellules ont une forme polygonale assez régulière et sont sensiblement isodiamétriques, tandis que les cellules de l'écorce, aplaties suivant le rayon, ont dans le sens tangentiel une dimension égale au double environ de leur dimension dans le sens radial ; de plus elles sont disposées d'ordinaire en files radiales surtout dans la région interne.

Mais, à peu de distance du méristème terminal, certaines cellules commencent à se distinguer, parce que cessant de se cloisonner elles acquièrent non seulement un grand allongement dans le sens de l'axe de la racine, mais encore une grosseur plus grande. Ces grandes cellules (*a*, fig. 65) sont comparables aux éléments précurseurs du *Thuia*, et elles sont groupées, de façon à constituer des îlots correspondant à la face externe des futurs faisceaux libériens. Leur nombre est variable, et comme dans la plupart des cas, il est d'autant plus grand, pour chaque îlot, que le nombre des faisceaux est moins élevé. Il est évident que dans le Cèdre, comme dans les autres plantes, ce nombre est aussi en rapport avec la grosseur de la racine. Or, le nombre des faisceaux n'est

(1) G. Chauveaud, *Disposition du nouvel appareil sécréteur dans le Cèdre de l'Himalaya* (*Cedrus Deodara*) (Bull. du Mus. d'Hist. nat., 1903, p. 243).

pas toujours proportionnel à la grosseur de la racine, et l'on voit parfois une racine, possédant trois faisceaux, avoir une grosseur qui surpasse celle d'une autre racine possédant quatre faisceaux.

Dans l'exemple choisi, les faisceaux libériens sont au nombre de quatre; les tubes précurseurs sont groupés ensemble en quatre îlots qui ont une forme arrondie, leur épaisseur étant à peu près égale à leur largeur dans le sens tangentiel. Ces tubes ont une forme polygonale assez régulière; leur allongement, dans le sens radial, bien qu'il se manifeste, est cependant beaucoup moins accentué que dans le *Thuia*.

En s'accroissant, ces tubes compriment un peu les tissus voisins, et les cellules qui les entourent, vers l'intérieur, s'aplatissent légèrement, dans la direction perpendiculaire au bord de l'îlot qu'ils constituent. A un état plus avancé du développement, les tubes précurseurs perdent de leur turgescence et cessent de s'accroître, tandis que les cellules qui les entourent s'accroissent encore, en particulier les cellules péricycliques; aussi leurs îlots deviennent moins distincts que précédemment. Ces îlots toutefois peuvent encore longtemps être rendus faciles à délimiter, à l'aide des cellules sécrétrices. Ces cellules, en effet, se trouvent disposées tout autour des îlots d'éléments précurseurs qu'elles circonscrivent, en quelque sorte, en leur formant une bordure irrégulière. Chaque cellule sécrétrice, très allongée, est d'ordinaire terminée en pointe plus ou moins effilée à ses extrémités, par conséquent leur section est de grandeur très variable suivant qu'on la considère au voisinage d'une de ses extrémités, ou dans sa région moyenne. On peut compter environ une vingtaine de cellules sécrétrices pour chaque îlot; les plus externes sont séparées de l'endoderme, par une ou deux cellules péricycliques; les plus internes sont situées en dedans des tubes précurseurs internes et se trouvent mélangées aux tubes criblés proprement dits; certaines d'entre elles sont même en contact direct avec ces

tubes criblés. En effet, en dedans des îlots d'éléments précurseurs, se différencient, comme dans le *Thuia*, les premiers tubes criblés (*t*, fig. 64) qui, lors du maximum de leur différenciation, présentent des modifications caractéristiques plus marquées que les tubes qui les précèdent. Ces tubes criblés sont d'ordinaire moins longs que les tubes précurseurs et leur grosseur est aussi moindre ; mais en ce qui concerne leur grosseur, il n'y a pas, entre les uns et les autres, une différence aussi grande que celle que nous avons signalée dans le *Thuia*.

Il en est ainsi, entre les tubes précurseurs externes et les cellules péricycliques. Quand on suit la marche du développement en allant de la périphérie de la stèle vers le centre, on constate que la différenciation est progressive, et c'est sans transition brusque que l'on passe du péricycle aux éléments précurseurs, et de ces derniers aux premiers tubes criblés. Cela explique pourquoi la limite interne du péricycle est souvent difficile à établir, au moins en dehors des faisceaux libériens.

Pinus Laricio (fig. 65 et 66, Pl. VIII). — A peu de distance du sommet de la racine, le tissu homogène de sa région centrale présente, en autant de points qu'il doit y avoir de faisceaux libériens, un groupe de cellules qui cessent de se cloisonner, avant les autres, et acquièrent une taille plus grande que celle des autres cellules de la stèle. Elles forment alors, sur les coupes transversales, observées directement dans l'eau ou dans la glycérine, autant de taches plus claires que le reste de la coupe. A ce niveau, la limite entre l'écorce et la stèle n'est pas nettement marquée, par une différence dans la forme ou la disposition de leurs cellules.

Un peu plus tard, entre les taches claires, qui sont souvent au nombre de quatre, correspondant à autant de faisceaux libériens, on distingue les premiers vaisseaux qui se différencient d'assez bonne heure. Ces premiers vaisseaux, comme on sait, se différencient d'abord de part et d'autre du canal sécréteur (*c*, fig. 65) qui existe déjà, au point correspondant

au dos de chaque faisceau ligneux; puis d'autres vaisseaux se différencient, en dedans des précédents, et ces vaisseaux sont de plus en plus rapprochés les uns des autres, à mesure qu'ils sont plus internes, de telle sorte que bientôt ils forment ensemble un **V**, à l'intérieur des deux branches duquel se trouve enchâssé le canal sécréteur. A partir de ce moment, les vaisseaux se différencient en direction exactement radiale.

La différenciation des faisceaux libériens est toujours beaucoup moins évidente. Les grandes cellules (*a*, fig. 65 et 66), qui par leur ensemble forment les taches claires, représentent les éléments précurseurs que nous avons décrits chez le *Thuia*. Elles sont allongées en tubes et leur paroi demeure mince. Chacune de ces taches ou îlots a une forme variable avec leur nombre. Ces îlots sont d'autant plus élargis, dans le sens tangentiel, que le nombre des faisceaux est moins élevé. Dans l'exemple représenté (fig. 65 et 66), où les faisceaux libériens sont au nombre de quatre, l'îlot formé par les tubes précurseurs est plus étendu dans le sens tangentiel que dans le sens radial; il présente de six à huit cellules environ, dans la première direction, et seulement trois ou quatre cellules irrégulièrement superposées suivant le rayon. Les cellules centrales de l'îlot sont d'ordinaire les plus grandes, et leur forme irrégulièrement polygonale est un peu allongée radialement.

Quand les faisceaux sont moins nombreux, le nombre des tubes précurseurs est plus élevé, pour chaque faisceau, et leur îlot est moins élargi, dans le sens tangentiel, et plus épais suivant le rayon. C'est l'inverse qui a lieu, quand le nombre des faisceaux est plus grand.

La limite entre le péricycle (P, fig. 66) proprement dit et les tubes précurseurs externes est peu marquée; toutefois, au début, quand la turgescence de ces derniers est très grande, on peut les distinguer avec une plus grande netteté. En général, le péricycle est épais de trois à quatre assises cellulaires et se continue avec les mêmes caractères, aussi

bien en dehors des faisceaux ligneux que des faisceaux libériens, et même tout autour de la stèle. Toutefois, dans sa portion supra-libérienne, ce péricycle présente une ou plusieurs cellules sécrétrices irrégulièrement espacées. Ces cellules sécrétrices ne se distinguent des autres cellules péricycliques, ni par leur forme ni par leur taille, sur les coupes transversales; mais sur les coupes longitudinales, elles présentent un grand allongement. La présence de leur contenu permet d'ailleurs aisément de les mettre en évidence, même sur les coupes transversales.

En dedans des îlots de tubes précurseurs, les premiers tubes criblés se différencient, aux dépens des cellules plus petites qui leur font suite, mais leur différenciation demeure toujours peu accentuée, leur paroi acquiert un épaississement à peine plus marqué que dans les éléments qui les précèdent. Ces tubes criblés sont disposés en une assise irrégulière, au bord interne de l'îlot, et leur nombre est en rapport avec la largeur de cet îlot.

Ces tubes, au moment où ils ont acquis leur maximum de différenciation, ont une taille égale à celle des cellules qui leur font suite vers l'intérieur, mais notablement inférieure à celle des tubes précurseurs voisins. Leur forme polygonale est irrégulière, et leurs cribles ne sont pas toujours très distincts. Ensuite, les cellules qui leur font suite deviennent génératrices et produisent, à leur contact, des cellules nouvelles qui évoluent à leur tour en nouveaux tubes criblés.

A une époque peu avancée du développement, l'endoderme (E, fig. 66) acquiert, sur les faces latérales et transversales de ses cellules, des épaississements qui affectent toute la largeur de ces parois et permettent de les distinguer sûrement. On reconnaît mieux alors la limitation du péricycle et son homogénéité sur tout son pourtour, abstraction faite bien entendu des cellules sécrétrices; d'ailleurs ces cellules se trouvent d'ordinaire, au voisinage immédiat des tubes précurseurs, et peut-être doivent-elles être rattachées plus étroitement aux faisceaux libériens.

Larix europæa (fig. 67 et 68, Pl. VIII). — Dans la stèle assez homogène, au début de sa formation, les cellules sécrétrices déjà différenciées prennent une forme un peu arrondie, en section transversale, et une grosseur un peu supérieure à celle des autres éléments stéliques. Ensuite, les tubes précurseurs se forment et certains d'entre eux atteignent une grosseur égale à celle des cellules sécrétrices. En devenant turgescents, ils compriment les éléments qui les entourent et, en particulier, les cellules sécrétrices qui reprennent une forme polygonale plus ou moins marquée ; cela augmente davantage encore la ressemblance offerte par ces deux sortes d'éléments, sur les coupes transversales débarrassées de leur contenu protoplasmique.

Quand la racine possède deux faisceaux libériens, chaque îlot formé par les éléments précurseurs (*a*, fig. 67) est élargi tangentiellement, comme dans le *Thuia* ; toutefois il est plus épais, dans le sens radial, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'on peut voir un seul tube précurseur acquérir une grosseur égale à l'épaisseur de l'îlot tout entier, surtout dans sa portion médiane. Les éléments précurseurs ne présentent pas entre eux une aussi grande différence, dans la forme et dans les dimensions, que ceux du *Thuia*, et le passage de ces éléments, soit avec les cellules péricycliques d'une part, soit avec les premiers tubes criblés d'autre part, ne se fait pas aussi brusquement que dans cette dernière plante. Souvent la racine du Mélèze d'Europe possède plus de deux faisceaux libériens ; alors chaque îlot d'éléments précurseurs (*a*, fig. 68) est à peine plus étendu, dans le sens tangentiel, que suivant le rayon et offre une forme plus ou moins arrondie. Le nombre des faisceaux modifie donc beaucoup l'aspect de ces îlots, tandis que la forme des faisceaux ligneux est beaucoup moins modifiée.

En dedans des îlots d'éléments précurseurs, les cellules qui leur font suite se différencient à leur tour en tubes criblés. Ces premiers tubes criblés (*t*, fig. 68) ont une grosseur un peu plus faible que les tubes qui les précèdent, et même, au

moment où ils ont acquis leur maximum de différenciation. leur paroi est peu épaissie et ils ne présentent pas les modifications caractéristiques à un degré bien marqué.

Les cellules sécrétrices paraissent, dans leur répartition, avoir encore des rapports assez étroits avec les faisceaux libériens; leur disposition est en effet fort différente suivant qu'il y a deux ou trois faisceaux par exemple. Quand il y a trois faisceaux libériens, on trouve environ huit cellules sécrétrices (*s*, fig. 68), pour chaque faisceau, réparties pour la plupart, en dedans des éléments précurseurs, au voisinage immédiat des premiers tubes criblés, quelques-unes se montrant çà et là au voisinage du péricycle.

Ginkgo biloba (fig. 69 et 70, Pl. IX). — Les premières coupes transversales, menées au-dessus des cellules initiales de cette racine, montrent : une région stélique, assez homogène à cellules polygonales isodiamétriques en voie de cloisonnement actif; une région corticale à cellules aplaties suivant le rayon, dans sa portion interne, sans que leur disposition en files radiales soit bien appréciable, et sans que la limite entre la stèle et l'écorce soit nettement marquée.

Ensuite, comme dans le *Thuia*, en deux plages opposées de la stèle, les cellules cessent leur cloisonnement et acquièrent une taille plus grande pour devenir les éléments précurseurs. Ces éléments (*a*, fig. 69) forment ensemble un îlot, beaucoup plus étendu dans le sens tangentiel que suivant le rayon. Mais ces îlots ne sont pas homogènes comme dans le *Thuia*, ils contiennent en outre des cellules sécrétrices (*s*, fig. 69) qui peuvent se reconnaître assez nettement, même privées de leur contenu, par leur taille plus grande et leur contour circulaire. Ces cellules sécrétrices cessent de se cloisonner, encore plus tôt que leurs voisines, et acquièrent une longueur plus grande que les éléments précurseurs qui les entourent.

La présence de ces grandes cellules, de forme arrondie, donne au liber de la racine du *Ginkgo* un aspect tout à fait particulier. En dehors de ces cellules sécrétrices, ce sont les éléments précurseurs qui offrent la plus grande taille, parmi

les cellules de la stèle; toutefois, l'îlot formé par leur ensemble, n'est pas aussi nettement différencié que dans le *Thuia orientalis*, de même que leur taille ne présente pas, avec les cellules qui les avoisinent, la différence très grande signalée chez cette plante.

En dedans des éléments précurseurs, se différencient les premiers tubes criblés (*t*, fig. 70) qui ont en général une grosseur moindre que les tubes qui les précèdent, mais cependant, on constate que certains d'entre eux peuvent égaler la taille des plus gros éléments précurseurs.

Ces premiers tubes criblés, quand ils ont acquis leur maximum de différenciation, présentent sur leurs faces transversales des cribles bien distincts et de nombreuses plages criblées sur leurs faces longitudinales. Ces premiers tubes criblés se trouvent fréquemment au contact des grandes cellules sécrétrices, et les plages criblées paraissent, dans ce cas, communes à la paroi du tube criblé et à la paroi de la cellule sécrétrice contiguë. La différenciation du tissu criblé est d'ailleurs très marquée dans cette racine, et si les parois des tubes criblés n'acquièrent pas, dès le début, un épaississement et par suite une coloration notable, néanmoins les cribles sont des plus faciles à distinguer.

L'assise des premiers tubes criblés, souvent régulièrement placée en dedans des éléments précurseurs, est dans le *Ginkgo* moins régulièrement disposée et surtout ne se détache pas, avec la netteté habituelle, des éléments qui la précèdent. On passe, sans ligne de démarcation évidente, de la périphérie de la stèle à la région interne du liber. Il faut examiner à part chaque cellule pour pouvoir dire sûrement à quel tissu elle appartient.

Plus tard, les cellules de l'assise externe du péricycle s'accroissent beaucoup, suivant le rayon, formant une couronne claire à la périphérie de la stèle; puis elles deviennent génératrices (*p*, fig. 70) en même temps, tout autour de la stèle.

Alors les premiers vaisseaux se différencient en file

radiale, et l'on constate alors que le péricycle, en face de ces vaisseaux, conserve une épaisseur égale à quatre assises cellulaires, tandis que les premiers tubes criblés, bien différenciés, ne sont séparés de l'endoderme que par le même nombre d'assises cellulaires. Ainsi, dans cette plante, en dehors des premiers tubes criblés, le péricycle et l'îlot d'éléments précurseurs ont ensemble un nombre d'assises correspondant à celui du péricycle supra-ligneux. Cela revient à constater que les éléments précurseurs tiennent ici une place moindre que dans la plupart des autres Conifères, et cette particularité s'accompagne d'une différenciation beaucoup plus accentuée des tubes criblés proprement dits. En effet, dans les autres Conifères que nous avons étudiées, les premiers tubes criblés sont séparés de l'endoderme, par un nombre d'assises cellulaires beaucoup plus grand.

Ainsi dans le *Thuia*, tandis que le péricycle a deux assises en dehors des faisceaux ligneux, les premiers tubes criblés sont séparés de l'endoderme par quatre cellules, dont deux doivent être attribuées aux éléments précurseurs. Dans le *Taxus baccata*, il y a deux assises supra-ligneuses et les premiers tubes criblés sont séparés de l'endoderme par sept à huit cellules.

Cupressus horizontalis (fig. 71 et 72, Pl. IX). — Cette racine ressemble beaucoup à celle du *Thuia orientalis*, en ce qui concerne la disposition du liber primitif et des cellules sécrétrices. Dans le voisinage immédiat du sommet, se différencient les cellules sécrétrices (1, fig. 71) qui acquièrent une grande longueur et présentent bientôt une section transversale, plus ou moins arrondie, mais sans que leur grosseur dépasse, de façon notable, celle des cellules qui les entourent. Ces cellules sécrétrices sont disposées suivant deux bandes irrégulières, très rapprochées l'une de l'autre, de part et d'autre du grand diamètre de la stèle, en dedans des futurs faisceaux libériens.

La limite de la stèle et de l'écorce est d'ailleurs assez distincte, par la forme et la taille différentes que possèdent

les cellules de ces deux régions. Au début, cette stèle présente une bande diamétrale dans laquelle les éléments ont une taille plus grande que dans les parties voisines. Cette disposition contraste complètement avec ce que nous trouvons dans d'autres racines, telles que celle du *Taxus baccata*, par exemple, où la même bande diamétrale est formée d'éléments beaucoup plus petits que ceux du reste de la stèle. C'est dans cette bande que se trouvent les cellules sécrétrices (*s*) et sa région médiane correspond aux futurs faisceaux ligneux.

Bientôt après, les éléments précurseurs (*a*, fig. 72) se différencient, suivant deux plages aplaties radialement, mais très étalées dans le sens tangentiel, formant au début deux larges taches claires, comme dans le *Thuia*.

Ces îlots sont séparés de l'endoderme, par une ou deux assises péricycliques. Tantôt la transition est brusque entre le péricycle et cet îlot ; à une cellule péricyclique de taille moyenne et un peu aplatie radialement, fait suite un tube précurseur de grande taille, surtout dans le sens radial ; tantôt, la différence de taille est beaucoup moins grande entre la cellule péricyclique et le tube précurseur qui lui fait suite. C'est surtout quand toute l'épaisseur de l'îlot est occupée par un seul tube précurseur très grand, que l'on constate cette transition si brusque entre les deux régions. Dans ce cas, d'ailleurs, la transition est aussi brusque au bord interne de l'îlot, entre le tube précurseur et le premier tube criblé, car le tube criblé est, lui aussi, plus ou moins aplati radialement, et de taille encore plus petite que la cellule péricyclique.

On a donc, dans ce cas, en dedans de l'endoderme, un péricycle tantôt simple, tantôt dédoublé ; puis un îlot de tubes précurseurs disposés en une seule assise, de telle façon que les plus gros d'entre eux sont situés au milieu de l'îlot, les autres ayant une taille qui va en décroissant de part et d'autre. Il résulte, de cette disposition des éléments précurseurs, que les extrémités de l'îlot paraissent moins nettement délimitées que sa portion moyenne, parce que leurs éléments

diffèrent peu, par la taille, des éléments qui leur font suite de part et d'autre.

Au contraire, la délimitation est nette au bord interne de l'îlot, où se trouvent les cellules qui évoluent directement en tubes criblés. Ces premiers tubes criblés (*t*, fig. 72), au nombre de huit à dix, forment ensemble une assise assez régulière qui diffère notablement, par la taille, des éléments précurseurs. Ces tubes criblés, quand ils ont acquis leur maximum de différenciation, ont leur paroi assez épaissie ; ils présentent d'une manière assez accentuée, l'aspect qui caractérise d'ordinaire les premiers tubes criblés, pour qu'on puisse, à ce moment, les reconnaître aisément comme tels. En dedans de cette première assise de tubes criblés, se trouve une autre assise de cellules qui se différencient, à leur tour, en nouveaux tubes criblés, de forme à peu près semblable aux premiers, mais de taille un peu plus grande.

C'est en dedans de ces nouveaux tubes criblés que se trouve située l'assise génératrice.

Taxus baccata (fig. 73 et 74, Pl. IX). — Au voisinage immédiat du sommet de la racine, il se fait une différence entre les cellules de la stèle et les cellules de l'écorce. Pendant que la stèle est encore formée de cellules petites et isodiamétriques, l'écorce est composée de cellules plus grandes qui accusent déjà une forme aplatie dans le sens du rayon.

Toutefois, cette différence n'est pas très tranchée, et la limite entre ces deux régions demeure encore peu distincte, si l'on ne tient compte que de la forme et de la disposition de leurs cellules. Un peu plus tard, certaines cellules se distinguent des autres cellules de la région stélique par une grosseur plus considérable ; ce sont les cellules sécrétrices (*s*, fig. 73). Ces cellules sécrétrices sont disposées, suivant deux bandes irrégulières, qui correspondent au bord externe des futurs faisceaux libériens. Alors commencent à se différencier les éléments précurseurs. Ils cessent de se

cloisonner, puis grossissent et forment ensemble deux îlots très allongés, dans le sens tangentiel.

Ces deux îlots sont séparés l'un de l'autre, par une bande diamétrale formée de cellules de taille un peu plus petite, et tandis que ces cellules ont une forme un peu allongée, dans le sens du diamètre correspondant à cette bande, les éléments précurseurs présentent un léger allongement dans la direction perpendiculaire à cette bande. Pour nous, le péricycle formé de deux assises, en dehors des faisceaux ligneux, doit être considéré comme ayant la même épaisseur, sur tout le pourtour de la stèle, et les nombreuses cellules, situées entre ces deux assises péricycliques et les premiers tubes criblés, doivent être rattachées aux faisceaux libériens. Si l'on suit le développement de cette racine, on constate que la portion du liber primaire, constituée par les premiers tubes criblés proprement dits s'atrophie, puis disparaît, lors de l'épaississement des formations secondaires internes et externes; tandis que deux ou plusieurs assises, correspondant aux éléments précurseurs, subsistent en dehors de lui. Cette constatation pourrait faire rattacher ces assises, et par conséquent les éléments précurseurs, au péricycle plutôt qu'au liber. Mais en comparant ces éléments, dans la racine et dans la tige, et en choisissant pour cette comparaison de jeunes plantules, on voit que ces grandes cellules supra-libériennes subissent une différenciation, de plus en plus grande, à mesure qu'on s'élève dans l'axe hypocotylé où elles partagent complètement le sort des tubes criblés.

C'est pour cette raison, déjà exposée à propos du *Thuia orientalis*, que nous réunissons toujours au liber ces îlots formés d'éléments tubulaires, sous le nom d'*éléments précurseurs*, quel que soit d'ailleurs leur degré de différenciation.

Nous avons fait remarquer, plusieurs fois, qu'il est en général difficile d'établir une ligne de démarcation précise, entre le péricycle et les éléments précurseurs externes;

cela tient précisément à la différenciation progressive que présentent ces éléments, à mesure qu'ils deviennent plus rapprochés du centre. On peut, en général, prendre pour l'épaisseur du péricycle, celle qu'il présente, en dehors des faisceaux ligneux, qui est d'ordinaire facile à établir, avec certitude ; alors on dira que, dans la racine de la plupart des Gymnospermes, le péricycle a la même épaisseur tout autour de la stèle. Toutefois, il n'y a là qu'une règle générale, souffrant des exceptions, telles que celle offerte par le *Ginkgo biloba* par exemple, où le péricycle est beaucoup plus mince en face des faisceaux libériens que des faisceaux ligneux.

Un peu avant que se différencient les premiers vaisseaux, les cellules sécrétrices présentent leur maximum de différenciation, tandis que les éléments précurseurs de leur côté continuent à s'accroître. A ce moment, les cellules sécrétrices ont un contour nettement arrondi qui permet de les reconnaître, en dehors de la présence de leur contenu. Elles sont au nombre de huit à douze, pour chaque faisceau libérien, et cela dans une racine de grosseur moyenne. Elles présentent entre elles une grande différence de taille, due parfois, comme nous l'avons dit ailleurs (1), à ce que la coupe rencontre les unes dans leur portion moyenne, tandis que les autres sont rencontrées au voisinage de leur extrémité. Les plus externes de ces cellules sont séparées de l'endoderme, par deux assises, tandis que les plus internes en sont séparées, au moins, par cinq assises. Il résulte, de ce que nous avons dit précédemment, que ces cellules sécrétrices doivent être rattachées au faisceau libérien. Elles font partie de l'îlot des éléments précurseurs et sont réparties surtout dans sa région externe. Plus tard, comprimées par les éléments précurseurs qui deviennent plus turgescents, les cellules sécrétrices perdent leur contour circulaire et deviennent plus ou moins polygonales. Comme, d'autre part, les élé-

(1) *Loc. cit.*

ments précurseurs (*a*, fig. 74) grossissent, il arrive que la section de ces deux sortes d'éléments diffère fort peu et qu'il devient désormais bien difficile de les distinguer les uns des autres, en dehors de leur contenu. Pour constater le changement que nous signalons, il suffit d'examiner les figures qui représentent deux états successifs, mais assez rapprochés l'un de l'autre (fig. 73 et 74), et de les comparer entre elles, en ce qui concerne les deux plages de grandes cellules, situées de part et d'autre de la bande diamétrale des petites cellules.

Dans la seconde phase représentée (fig. 74), l'endoderme (E) est bien indiqué, par les épaississements latéraux de ses cellules. En dedans de lui, se voit le péricycle formé de deux assises dont les cellules sont à peu près semblables, sur tout le pourtour de la stèle. Les faisceaux ligneux, allongés radialement, sont réunis l'un à l'autre, par une bande de cellules notablement allongées, dans le sens du diamètre ligneux. De chaque côté de cette bande, qui était déjà indiquée dans la phase précédente, l'espace compris en dedans du péricycle est occupé par des cellules beaucoup plus grandes, disposées, dans sa portion moyenne, en quatre ou cinq assises irrégulières qui représentent les éléments précurseurs et les cellules sécrétrices.

Quelques-unes de ces cellules sécrétrices ont encore conservé une taille et un contour qui permettent de les distinguer. Sur les côtés de chaque îlot, les cellules correspondant aux rayons sont un peu plus petites. En dedans de ces îlots, se trouvent les premiers tubes criblés qui vont se différencier, aux dépens des cellules faisant suite aux tubes précurseurs internes. Ces premiers tubes criblés ont une taille moindre que les éléments qui les précèdent et sont disposés, en une assise assez régulière, au nombre de douze environ.

Cette assise, même quand les premiers tubes criblés ont acquis leur maximum de différenciation, ne se détache pas nettement, parce que ces tubes criblés ne présentent ni dans

leur forme, ni dans leur taille, une différence bien grande avec les cellules qui leur font suite, et que les modifications caractéristiques de leur paroi sont très peu accusées.

Gnétacées.

Gnetum Gnemon (fig. 75, Pl. IX). — Au voisinage du sommet de la racine, la stèle se distingue de l'écorce par ses cellules isodiamétriques, plus petites que les cellules corticales de forme tabulaire. Tout d'abord, les cellules stéliques sont semblables entre elles, mais bientôt, suivant deux plages parallèles, les cellules grossissent davantage, en prenant une forme un peu allongée suivant le rayon. On obtient ainsi un aspect de la stèle, qui rappelle beaucoup celui que nous avons trouvé chez certaines Conifères et aussi dans l'Éphèdre. Ces îlots de cellules plus grandes sont très allongés, dans le sens tangentiel, et dirigés dans le sens du grand axe de l'ellipse que représente la coupe de cette racine. Ils rappellent, par leur disposition, les îlots d'éléments précurseurs des Conifères et ils sont en effet situés comme eux en dehors des futurs faisceaux libériens. Toutefois, ces îlots ne sont pas comparables aux précédents en ce qui concerne leur structure. En effet, on voit bientôt certaines de leurs cellules grossir encore plus que les autres et épaissir leur paroi notablement (*f*, fig. 75). Ces grosses cellules qui se différencient ainsi, à peu de distance du sommet, sont disposées côte à côte en une ou deux assises formant ensemble un arc très étalé. Ayant cessé très tôt de se cloisonner, elles sont très allongées, suivant l'axe de la racine, terminées en pointe, et deviennent des fibres qui acquièrent, par la suite, une épaisseur considérable de leur paroi.

Cet arc fibreux est séparé de l'endoderme, par deux assises, qui sont demeurées parenchymateuses et ont, dans le sens de l'axe de la racine, une longueur beaucoup moindre que les fibres précédentes. De plus leurs extrémités sont cylindriques et terminées par des cloisons transversales planes.

En dedans de l'arc fibreux se trouvent deux autres assises (*a*, fig. 76), qui sont aussi à l'état de parenchyme et qui, par tous leurs caractères, ressemblent aux deux assises périphériques.

C'est en dedans de cet ensemble que se différencient des éléments un peu moins gros et de longueur plus grande, qui présentent bientôt, sur leurs faces longitudinales, de petites plages criblées très étroites mais assez épaisses, formant saillie comme autant de petits boutons. En dedans de ces tubes, dont la membrane demeure mince et en somme peu différenciée, se différencient d'autres éléments semblables, par leur forme et par leur taille, mais qui acquièrent un degré de différenciation plus élevé (*t*, fig. 76). Ils possèdent alors, sur leurs faces transversales d'ordinaire un peu obliques, des cribles bien distincts, et, sur leurs faces longitudinales, de nombreuses petites plages criblées saillantes, sur la paroi elle-même épaissie. Ces tubes criblés forment une bande très étalée, presque rectiligne. Quelques-unes des cellules de cette bande criblée n'évoluent pas ainsi en tubes criblés, mais en demeurent néanmoins peu distinctes, car elles ont même forme et même taille. Les cellules situées en dedans de cette bande deviennent ensuite génératrices.

CONCLUSIONS

L'étude du développement des premiers tubes criblés, que nous avons faite dans les divers groupes de plantes vasculaires, fournit un certain nombre de résultats dont les uns intéressent le mode de formation de la stèle et de l'écorce, et par suite la structure générale de la racine, et dont les autres, d'ordre particulier, sont relatifs aux premiers tubes criblés, objet spécial de cette étude.

Nous allons résumer, parmi les uns et les autres, ceux qui présentent une importance particulière.

A. — La forme de la cellule initiale exerce une influence très grande sur la structure de la racine.

1° Quand cette cellule est tétraédrique, il y a formation de six secteurs qui conservent chacun leur autonomie et dont on peut suivre les diverses modifications jusqu'à l'état adulte (la plupart des Cryptogames vasculaires).

2° Quand la cellule initiale offre plus de trois faces internes, les segments qu'elle produit ne conservent pas leur autonomie et n'offrent aucune disposition régulière et constante, susceptible d'être déterminée (Marattinées, Osmondacées, Phanérogames).

B. — La séparation de l'écorce et de la stèle paraît aussi exercer sur la structure une influence non moins grande, suivant qu'elle est primitive ou secondaire.

1° Quand cette séparation est précédée de la formation de six secteurs, dans le plan transversal, comme chez beaucoup de Cryptogames vasculaires, on peut prédire la destinée de ces six secteurs, avant même que les éléments qui les composent présentent aucune différenciation spéciale. Deux de ces secteurs, diamétralement opposés, produisent des faisceaux ligneux ; les quatre autres, groupés deux à deux, produisent des faisceaux libériens.

Le nombre des faisceaux libériens ou ligneux est constant et égal à deux.

2° Quand la séparation de l'écorce et de la stèle est primitive, comme chez les Phanérogames et les Équisétacées, à l'exception de quelques grandes cellules centrales qui évoluent en vaisseaux, on ne saurait indiquer d'avance la destinée des éléments primitifs de la stèle qui, sur les coupes transversales, forment un méristème plus ou moins homogène.

Le nombre des faisceaux libériens ou ligneux est susceptible de nombreuses variations.

Toutefois, malgré leur séparation précoce, la stèle et l'écorce ne présentent pas, chez les Équisétacées, l'indépendance relative qu'elles montrent d'ordinaire chez les Phanérogames. Elles conservent entre elles un rapport constant, qu'exprime la relation $N = m + n$, dans laquelle N repré-

sente le nombre des cellules endodermiques, *m* le nombre des premiers tubes criblés, et *n* le nombre des premiers vaisseaux.

C. — Quand la stèle possède six secteurs primitifs, elle peut être aussi séparée en trois régions concentriques : 1° une région périphérique, qui produit le péricycle et les premiers tubes criblés ; 2° une région moyenne, qui fournit tous les autres tubes criblés et les premiers vaisseaux ; 3° une région centrale, qui ne produit que des vaisseaux.

Alors les premiers tubes criblés et les premiers vaisseaux ont une origine différente.

Les premiers tubes criblés naissent aux dépens de la région périphérique de la stèle, suivant deux modes principaux.

1° Tantôt ils sont produits par dédoublement tangentiel d'une portion de la région périphérique qui demeure continue, en dehors d'eux, formant le péricycle (la plupart des Fougères, Marsiliacées).

2° Tantôt la portion de la région périphérique qui leur correspond est toute entière employée à leur formation, et il n'y a pas de péricycle en dehors d'eux (*Azolla*).

D. — Quand la formation des six secteurs est précédée de la séparation de l'écorce et de la stèle, la région périphérique de la stèle est supprimée. Il n'y a pas de péricycle du tout.

Alors les premiers tubes criblés et les premiers vaisseaux sont produits par la même assise, qui est l'assise externe de la stèle (Équisétacées).

E. — Quand il n'y a pas formation de six secteurs, les premiers tubes criblés prennent naissance de deux manières différentes.

1° Parfois ils se forment à la périphérie de la stèle. Il n'y a pas de péricycle en dehors d'eux (*Ophioglossum*).

2° En général, ils se forment plus ou moins profondément à l'intérieur de la stèle. Il y a alors un péricycle en dehors d'eux (*Osmonda*, Phanérogames).

F. — La composition du faisceau libérien est variable suivant les plantes.

1° Les premiers tubes criblés peuvent exister seuls (Fougères, Liliacées).

2° Ils peuvent être accompagnés de cellules annexes régulièrement disposées (Équisétacées, Graminées).

3° Ils peuvent être entremêlés d'autres cellules disposées irrégulièrement, comme dans la majorité des Phanérogames.

G. — Chez les Gymnospermes, les premiers tubes criblés sont précédés d'éléments offrant des caractères intermédiaires, que nous avons appelés tubes précurseurs. Aussi la différenciation des premiers tubes criblés est-elle plus tardive que dans les autres végétaux. En outre, cette différenciation est localisée sur de petites plages en saillie, la plus grande partie de leur paroi ne présentant qu'une modification peu appréciable.

H. — Chez les Cryptogames vasculaires et les Angiospermes, les premiers tubes criblés, qu'ils soient situés au contact de l'écorce ou en dedans du péricycle, présentent une modification appréciable de leur paroi entière.

I. — Tous les premiers tubes criblés ont une phase de différenciation maxima, correspondant à l'apparition des cribles. Pendant cette phase, ils présentent un aspect caractéristique, généralement très accusé, souvent même beaucoup plus marqué que dans les tubes criblés qui leur font suite.

J. — Enfin, si l'on met à part les Gymnospermes, dont les premiers tubes criblés sont précédés par d'autres éléments moins différenciés qu'eux, on peut formuler la loi suivante, à laquelle nous n'avons rencontré qu'une seule exception, fournie par l'*Azolla* (1). Dans la racine, les premiers tubes criblés se différencient avant les premiers vaisseaux.

(1) *Loc. cit.*, p. 366.

EXPLICATION DES PLANCHES (1)

Les traits marqués en pointillé indiquent des cloisons formées depuis la phase de développement représentée dans la figure précédente.

1, cloison tangentielle séparant, dans chaque segment primitif, l'écorce externe et l'écorce interne.
I, cloison tangentielle séparant l'écorce et la stèle.
2, cloison tangentielle séparant l'assise sus-endodermique et l'endoderme.
II, cloison tangentielle séparant, dans chaque secteur, la région périphérique de la stèle.
III, cloison tangentielle séparant, dans chaque secteur, la région moyenne et la région centrale.
F, cloison presque radiale partageant chaque segment initial en deux secteurs.
s_1, petit secteur ; S_1, grand secteur, produits par le premier segment.
s_2, petit secteur; S_2, grand secteur, produits par le second segment.
s_3, petit secteur; S_3, grand secteur produits par le troisième segment.
H, limite commune aux deux secteurs S_1 et s_2.
H', limite commune aux deux secteurs s_2 et S_2.

PLANCHE I.

Fig. 1. — *Lygodium scandens*. Coupe transversale menée au voisinage immédiat du sommet de la racine, montrant la formation des six secteurs dont un seul (S_2) présente la subdivision de sa portion stélique, en trois régions concentriques.

Fig. 2. — Coupe de la même racine menée au-dessus de la précédente. Les deux grands secteurs (S_1, S_2) sont subdivisés aussi par la cloison III. — *p*, cloison radiale partageant la région périphérique de chaque secteur en deux cellules.

Fig. 3. — État plus âgé que le précédent. — *c*, cloison tangentielle dédoublant une des cellules périphériques ; *m*, cellule interne; N, cellule externe provenant de ce dédoublement; *m'*, cellule interne; *a*, cloison partageant la région moyenne du grand secteur (S_2) ; *d*, première cloison radiale ; *e*, seconde cloison radiale divisant la région moyenne du petit secteur (s_2).

Fig. 4. — État plus avancé que le précédent. — *b*, cloison radiale divisant la cellule mère (*m'*) en deux tubes criblés (*t*, *t*) ; *f*, cloison tangentielle séparant en deux cellules superposées la moitié supérieure de la région

(1) Afin de ménager l'espace, on a supprimé dans toutes les figures la plus grande partie de l'écorce, ne conservant qu'une portion de l'écorce interne, dans les cas où cette écorce interne se sépare tardivement de la stèle.

moyenne du grand secteur (S_1) ; *g*, cloison tangentielle dédoublant la région moyenne du grand secteur (S_2) en deux cellules qui se divisent à leur tour chacune par une cloison radiale ; *h*, cloison oblique partageant la portion interne du petit secteur (s_2) en deux cellules superposées ; *i*, première cloison radiale ; *j*, seconde cloison radiale divisant la région moyenne du grand secteur (S_2) ; *u*, cloison divisant la portion interne du petit secteur (s_2) ; *k*, cloison radiale subdivisant la région moyenne de ce petit secteur (s_2).

Fig. 5. — État plus avancé que le précédent. — *l*, cloison radiale partageant en deux cellules la portion inférieure de la région moyenne du grand secteur (S_1) ; *n*, cloison radiale partageant la moitié externe de la région moyenne du même secteur (S_1) ; *o*, cloison radiale divisant la cellule supérieure externe de la région moyenne du grand secteur (S_2) ; *q*, cloison radiale partageant la portion supérieure de la région moyenne du petit secteur (s_2) ; *r*, cloison tangentielle dédoublant la portion inférieure de la région moyenne du petit secteur (s_2) en deux cellules superposées dont l'externe se divise, par la cloison radiale (x) ; *y*, cloison radiale partageant la portion supérieure de la région moyenne du petit secteur (s_3).

Fig. 6. — La coupe menée au-dessus des précédentes est assez éloignée du sommet et représente un état voisin de l'état adulte. — *v*, vaisseau médian ; v_1, vaisseau latéral, produits l'un et l'autre par la région moyenne du grand secteur (S_3) ; V, vaisseau de la région centrale du grand secteur (S_3) ; A, vaisseau non encore lignifié de la région centrale du grand secteur (S_1) ; B, vaisseau non encore lignifié de la région centrale du grand secteur (S_2).

Fig. 7. — *Adiantum setulosum*. Coupe menée au voisinage du sommet de la racine. — *c*, cloison tangentielle séparant en deux cellules superposées l'une des cellules de la région périphérique du grand secteur (S_1) ; *b*, cloison radiale partageant la cellule interne, née du dédoublement précédent, en deux cellules mères des premiers tubes criblés ; *m*, *m*, les cellules mères des premiers tubes criblés du petit secteur (s_2) ; *d*, cloison tangentielle dédoublant une cellule périphérique de S_2.

Fig. 8. — État plus avancé que le précédent. — *t*, *t*, *t*, *t*, premiers tubes criblés présentant leur maximum de différenciation. On voit à droite quatre tubes criblés pareils aux précédents produits par s_2.

PLANCHE III

Fig. 9. — *Adiantum cardiochlœna*. — Coupe menée au voisinage du sommet, montrant les premiers cloisonnements des secteurs.

Fig. 10. — État un peu plus avancé que le précédent. — *c*, cloison tangentielle séparant, en deux cellules superposées, la moitié de la région périphérique du grand secteur (S_1) et du petit secteur (s_2).

Fig. 11. — État plus âgé. — *t*, *t*, *t*, *t*, premiers tubes criblés en voie de différenciation.

Fig. 12. — État encore plus âgé que le précédent. — *t*, *t*, *t*, *t*, premiers tubes criblés d'origine périphérique ; t_1, t_1, t_1, t_1, tubes criblés provenant de la région moyenne du petit secteur (s_3). Ensemble, ces huit tubes criblés forment un arc continu qui paraît avoir une origine unique.

Fig. 13. — *Acrostichum crinitum*. — Coupe menée non loin du sommet. — *c*, cloison tangentielle séparant une des cellules de la région périphérique,

en deux cellules, dont l'interne, par une cloison radiale, produit deux cellules mères des premiers tubes criblés (*m*, *m*) ; D_1, écorce interne formée de quatre assises en dehors de l'endoderme.

Fig. 14. — État plus âgé. — *t*, *t*, *t*, *t*, premiers tubes criblés présentant leur maximum de différenciation ; P, assise interne ; P_1, assise externe du péricycle.

Fig. 15. — Coupe menée dans une autre racine de la même espèce, montrant une disposition particulière des premiers tubes criblés. — A gauche, premiers tubes criblés (*t*, *t*) produits à la façon habituelle ; à droite, premiers tubes criblés externes (*t*, *t*) et premiers tubes criblés internes (t^o, t^o) provenant du dédoublement de la même région périphérique ; P, assise interne ; P_1, assise externe du péricycle ; D_1, écorce interne formée de sept à huit assises.

Fig. 16. — *Polypodium vulgare*. État jeune. — *c*, cloison tangentielle dédoublant une cellule périphérique, en une cellule externe et une cellule interne (M) ; *m*, *m*, cellules mères des premiers tubes criblés, formés par le cloisonnement radial de la cellule interne (M) ; D_1, écorce interne formée de quatre assises.

Fig. 17. — État plus avancé que le précédent. — *t*, *t*, *t*, *t*, premiers tubes criblés lors de leur maximum de différenciation ; D_1, écorce interne de cinq ou six assises.

Fig. 18. — *Doryopteris palmata*. État jeune. — A gauche, les cellules mères des premiers tubes criblés (*m*, *m*) encore indivises. A droite, premiers tubes criblés (*t*, *t*) nés du cloisonnement radial d'une cellule mère ; *m*, cellule qui évolue directement en tube criblé, sans se diviser par cloisonnement radial.

Fig. 19. — État plus avancé que le précédent. — *t*, *t*, *t*, premiers tubes criblés présentant leur maximum de différenciation ; D_1, écorce interne de six assises.

PLANCHE IV

Fig. 20. — *Pteris serrulata*. État jeune. — A droite, les deux premiers tubes criblés inférieurs (*t*, *t*) proviennent d'un cloisonnement radial de la même cellule mère ; le premier tube criblé supérieur (*t*) évolue directement.

Fig. 21. — *Didymochlæna lunulata*. État jeune. — *c*, cloison tangentielle dédoublant une cellule périphérique, en deux cellules dont l'interne, par cloisonnement radial, produit les deux cellules mères des premiers tubes criblés que l'on voit à gauche (*m*, *m*).

Fig. 22. — État plus avancé que le précédent. — *t*, *t*, *t*, premiers tubes criblés au nombre de cinq ou six de chaque côté, auxquels s'ajoutent de nombreux tubes criblés formés aux dépens de la région moyenne des secteurs (S_2, s_3 et S_1, s_2).

Fig. 23. — *Nephrolepis exaltata*. État jeune. — *c*, cloison tangentielle dédoublant une cellule périphérique, en deux cellules superposées, dont l'interne donnera naissance aux premiers tubes criblés.

Fig. 24. — *Alsophila australis*. État jeune. — *c*, cloison tangentielle dédoublant une cellule périphérique ; *m*, cellule mère des premiers tubes criblés.

Fig. 25. — Coupe d'une autre racine de la même espèce que la précédente, montrant une autre disposition des premiers tubes criblés. — A gauche, huit premiers tubes criblés, dont quatre proviennent de la région péri-

phérique de S_1 et quatre de la région périphérique de s_3 ; à droite, quatre premiers tubes criblés (*t*,*t*) provenant de la région périphérique de s_2 ; M, M, cellules mères, provenant de la région périphérique de S_2, qui se divisent par deux cloisons en croix, pour donner chacune quatre premiers tubes criblés.

Fig. 26. — *Osmunda palustris.* — *t*,*t*, premiers tubes criblés formant, de chaque côté, un arc assez allongé ; P, assise interne ; P_1, assise externe du péricycle.

PLANCHE V

Fig. 27. — *Ophioglossum vulgatum.* Coupe menée au voisinage du sommet, montrant un méristème en apparence assez homogène.

Fig. 28. — État un peu plus avancé que le précédent. — *t*, *t*, premiers tubes criblés qui commencent à se différencier suivant une bande unilatérale.

Fig. 29. — État plus avancé. — *t*, *t*, premiers tubes criblés présentant leur maximum de différenciation ; P, péricycle en dehors du faisceau ligneux ; E, endoderme çà et là dédoublé.

Fig. 30. — *Botrychium lunaria.* — Coupe menée très près du sommet montrant un méristème assez homogène.

Fig. 31. — État un peu plus avancé. — *t*, *t*, premiers tubes criblés qui commencent à se différencier, formant de chaque côté un arc assez étendu ; E, E_1 endoderme en voie de dédoublement, à gauche.

Fig. 32. — État plus avancé que les précédents. — *t*, *t*, premiers tubes criblés présentant leur maximum de différenciation ; E_2, assise externe présentant les plissements caractéristiques de l'endoderme ; E_1, E, assises internes provenant de dédoublements successifs de la même région endodermique demeurée simple en d'autres points.

Fig. 33. — *Azolla filiculoides.* État jeune montrant les six secteurs de même taille. — *p*, cloison radiale divisant la région périphérique du secteur gauche supérieur (S_1) et de son opposé (s_2) en deux cellules inégales, dont la plus petite deviendra le premier tube criblé ; *f*, cloison oblique partageant la portion interne du secteur médian supérieur (s_1) et du secteur opposé (S_3) en deux cellules très inégales correspondant à une région moyenne et à une région centrale.

Fig. 34. — État plus avancé. — *v*, vaisseau différencié aux dépens de la région moyenne des deux secteurs (s_1, S_3) ; *t*, tube criblé présentant son maximum de différenciation, formé aux dépens de l'épaisseur entière de chaque portion de la région périphérique correspondante.

Fig. 35. — État plus âgé que les précédents. — *v*, petit vaisseau de la région moyenne ; V, grand vaisseau de la région centrale des secteurs (s_1, S_3) ; *t*, tube criblé après sa phase de différenciation maxima.

Fig. 36. — *Marsilia Drummondii.* Radicelle née d'une racine. État jeune. — Un secteur (S_3) est plus grand que les cinq autres qui ont une taille semblable.

Fig. 37. — État un peu plus avancé. La cloison tangentielle (III), séparant une région moyenne et une région centrale, ne se fait que dans le grand secteur (S_3) ; *d*, première cloison ; *e*, seconde cloison radiale divisant la région moyenne du grand secteur (S_3) ; *p*, cloison radiale divisant la région périphérique des secteurs (S_1, s_2) ; *f*, cloison oblique partageant la portion interne du secteur (s_1) en une région moyenne (*v*) et une région centrale plus grande (V').

Fig. 38. — État plus avancé. — t, tube criblé présentant son maximum de différenciation; v, vaisseau médian de la région moyenne ; v_1, vaisseau latéral de la région moyenne du secteur (S_3) ; v', vaisseau de la région moyenne du secteur (s_1) ; V', vaisseau de la région centrale de s_1.

Fig. 39. — État plus âgé que les précédents. — t, tube criblé après sa phase de différenciation ; V, grand vaisseau de la région centrale de S_3 bien différencié.

PLANCHE VI

Fig. 40. — *Marsilia Drummondii.* Racine née de la tige. Coupe transversale menée très près du sommet, montrant un premier état de développement. — G, cloison séparant chacun des trois segments primitifs; F, cloison presque radiale séparant, dans chaque segment, un petit secteur (s) et un grand secteur (S) ; H, celle des cloisons qui sépare le premier segment du troisième segment; H', cloison radiale qui divise le deuxième segment en deux secteurs inégaux (s_2 et S_2).

Fig. 41. — Coupe menée au-dessus de la précédente, montrant un second état de développement. — Les deux secteurs (S_1 et S_2) ont séparé leur région moyenne et leur région centrale, par la cloison tangentielle (III).

Fig. 42. — État plus avancé que le précédent. — Le petit secteur (s_1) a produit une cloison tangentielle (III) qui sépare sa région moyenne et sa région centrale ; p, cloison radiale divisant la région périphérique de chaque secteur ; e, cloison radiale divisant l'endoderme des quatre secteurs libériens (s_3, S_1, s_2, S_2) ; c, cloison tangentielle dédoublant la moitié de la région périphérique des secteurs (S_1 et s_2) ; d, cloison oblique de la région moyenne du grand secteur (S_2) ; f, cloison radiale de la région interne du petit secteur (s_2) ; g, cloison radiale de la région moyenne du grand secteur (S_3) ; h, cloison très oblique de la région interne du petit secteur (s_3).

Fig. 43. — État plus avancé que le précédent. — b, cloison radiale divisant la cellule interne, née du dédoublement tangentiel de la région périphérique ; i, première cloison ; j, seconde cloison radiale de la région moyenne du grand secteur (S_1) ; k, première cloison ; l, seconde cloison radiale de la région moyenne du petit secteur (s_1) ; n, cloison radiale de la région moyenne du grand secteur (S_2) ; o, cloison radiale de la région moyenne interne du grand secteur (S_2) ; q, cloison radiale de la région interne supérieure du petit secteur (s_2) ; r, cloison radiale de la région moyenne du grand secteur (S_3) ; s, cloison radiale de la région moyenne externe du petit secteur (s_3) ; u, cloison oblique de la région moyenne interne du petit secteur (s_3).

Fig. 44. — État plus avancé que le précédent. — b', cloison radiale de la région périphérique interne des secteurs (S_1 et s_2), donnant de chaque côté deux cellules qui vont évoluer directement, en autant de tubes criblés ($t't''$) ; t, premier tube criblé lors de son maximum de différenciation.

Fig. 45. — État plus avancé que le précédent. — t, premier tube criblé après sa phase de différenciation ; t', tube criblé, d'origine périphérique, appartenant à gauche au grand secteur (S_1), à droite au petit secteur (s_2) ; t_1, tube criblé de la région moyenne des secteurs (s_3 et S_2) ; t'', tube criblé de la région périphérique des secteurs (S_1 et s_2) ; t_2, tube criblé de la région moyenne des secteurs (s_3 et S_2) ; n_1, cloison radiale de la région moyenne du grand secteur (S_2) ; u_1, cloison radiale de la région moyenne interne du petit secteur (s_3).

Fig. 46. — État plus avancé que le précédent. — T, T, T, T, **tubes criblés** de **la** région moyenne des quatre **secteurs** (S_1, S_2, s_2, s_3) **montrant** leur maximum de différenciation; *t*, *t*, *t'*, *t'*, *t''*, *t''*, **tubes criblés de la région** périphérique des secteurs (S_1 et s_2) ; t_1, t_1, t_2, t_2, **tubes criblés de la région** moyenne externe des secteurs (s_3, S_2), se **montrant tous en voie de** régression.

Fig. 47. — État encore plus âgé que les précédents. — *v*, **vaisseau médian** de la région moyenne des **secteurs** (s_1 et S_2); v_1, **vaisseau latéral de** la région moyenne des secteurs (s^1 et S_3); V, **grand vaisseau de la région centrale** des secteurs (s_1 et S_3); A, **grand vaisseau de la région centrale** de S_1 ; B, **grand vaisseau de la région centrale de** S_2; T, T, T, T, **tubes** criblés persistants; C, cellules de la **région moyenne des secteurs** (s_3, S_1, S_2, s_2).

PLANCHE VII

Fig. 48. — *Equisetum ramosissimum*. **Premier type.** — **I, cloison tangentielle** séparant l'écorce et la stèle; 1, **première cloison tangentielle de** l'écorce; 2, seconde cloison tangentielle de l'écorce; 3, **troisième cloison** tangentielle de l'écorce; *a*, première cloison **radiale de l'écorce** ; F, **cloison** oblique divisant chaque segment stélique en un **grand et un petit** secteur; III, cloison tangentielle séparant dans **chaque grand secteur** une région centrale et une région externe qui **correspond à la région** moyenne des Fougères et de **la** Marsilie; *i*, **cloison peu oblique divisant** la cellule mère primitive en deux cellules **inégales**; *k*, **cloison très** oblique partageant la plus grande des deux cellules **précédentes**; *t*, premier tube criblé; *n*, *n*, cellules annexes.

Fig. 49. — État un peu plus avancé que le **précédent**. — **4, cloison tangentielle** dédoublant la région endodermique primitive, en **endoderme** et assise sus-endodermique plissée; *t*, *t*, *t*, *t*, premiers **tubes criblés** présentant leur maximum de différenciation; *n*, *n*, **cellules annexes des** tubes criblés; *o*, *o*, cellules centrales des deux **grands secteurs latéraux**; V, **grand** vaisseau de la région centrale **du grand secteur inférieur**; *v*, vaisseau de **la** région externe du petit secteur **supérieur**; *v'*, **vaisseau** de la région externe du grand secteur inférieur.

Fig. 50. — État encore plus avancé. — *t*, *t*, *t*, *t*, tubes criblés **après** leur phase de différenciation; *v*, *v'*, vaisseaux externes en voie de **différenciation**; V, vaisseau central encore peu différencié; E', assise sus-endodermique plissée.

Fig. 51. — *Equisetum ramosissimum.* Deuxième type. — I, cloison **séparant** l'écorce et la stèle; 1, première cloison tangentielle **externe de l'écorce**; 2, deuxième cloison tangentielle de l'écorce ; *a*, **première cloison radiale** de l'écorce; *b*, deuxième cloison radiale de l'écorce **se faisant dans les** deux premiers segments; F, cloison oblique divisant chaque segment stélique en deux secteurs inégaux; III, cloison tangentielle **séparant dans** chaque grand secteur une région centrale et une **région externe**; *f*, **cloison** radiale partageant la cloison externe de **chaque grand secteur**; *o*, *o*, *o*, région centrale des trois grands secteurs. **En dehors de l'écorce**, on voit quatre assises appartenant à **la** coiffe.

Fig. 52. — État un peu plus avancé que le précédent. — *h*, cloison **tangentielle** séparant chacun des petits secteurs latéraux **en portion interne** (D) et externe ; C, cellule externe du grand secteur **inférieur** ; C', **cellule externe** du grand secteur latéral ; *o'*, *o'*, *o'*, *o'*, cellules provenant du cloison-

nement radial de la région centrale des deux grands secteurs latéraux; 4, cloison tangentielle séparant la région endodermique primitive en endoderme et assise sus-endodermique; *b'*, cloison radiale divisant chacune des trois assises corticales internes superposées au petit secteur (s_1); *i*, cloison oblique partageant une cellule externe en deux cellules inégales.

Fig. 53. — État plus avancé que le précédent. — *f'*, cloison radiale partageant le petit secteur (s_1) en une cellule droite qui demeure indivise et devient un vaisseau (*v*), et une cellule gauche qui est une cellule mère de premier tube criblé; *k*, cloison très oblique séparant un tube criblé et une cellule annexe; *g*, cloison radiale partageant la cellule externe (C) du grand secteur inférieur en une cellule mère de tube criblé à droite et un vaisseau (*v*) à gauche; *b''*, cloison radiale partageant chacune des trois assises corticales internes superposées au petit secteur droit; *b'''*, cloison radiale partageant chacune des trois assises corticales internes superposées au grand secteur inférieur; *t, t, t, t, t, t, t, t, t*, tubes criblés présentant leur maximum de différenciation; il y a quatre tubes criblés, constituant un faisceau libérien gauche, avec huit cellules annexes; et cinq tubes criblés, constituant le faisceau libérien droit, avec neuf cellules annexes, les deux tubes criblés inférieurs de ce côté étant séparés par une seule cellule annexe.

Fig. 54. — État plus avancé que les précédents. — Les tubes criblés (*t*) possèdent leur maximum de différenciation; N, cellule annexe commune aux deux tubes criblés inférieurs du faisceau libérien droit; D', cellules provenant du cloisonnement radial des cellules internes (D); V, vaisseau résultant de la transformation de la cellule centrale (*o*) du grand secteur inférieur; V', vaisseau résultant de la transformation d'une cellule (*o'*) provenant du dédoublement radial de la région centrale du grand secteur droit.

Fig. 55. — *Equisetum ramosissimum*. Troisième type. — I, cloison séparant l'écorce et la stèle; 1, première cloison tangentielle corticale externe; 2, seconde cloison tangentielle corticale interne; *a*, première cloison radiale corticale; *b*, seconde cloison radiale corticale; F, cloison oblique partageant chacun des trois segments stéliques en deux secteurs inégaux (*s*, S); G, cloison séparant deux segments stéliques.

Fig. 56. — État un peu plus avancé. — III, cloison tangentielle divisant chaque grand secteur en région centrale (*o*) et région externe qui se divise à son tour par une cloison radiale (*f*) en deux cellules externes; *f'*, cloison radiale divisant chaque petit secteur en deux cellules externes.

Fig. 57. — État plus avancé. — *h*, cloison tangentielle dédoublant chacune des deux cellules externes des petits secteurs latéraux en une cellule externe et une cellule interne (D); *l*, cloison tangentielle dédoublant une cellule externe de chaque grand secteur en une cellule interne (D) et une cellule mère de tube criblé; *o', o', o', o'*, cellules centrales provenant du dédoublement radial de chaque région centrale (*o*) des deux grands secteurs latéraux.

Fig. 58. — État plus avancé que le précédent. — V, grand vaisseau provenant de la région centrale du grand secteur inférieur; D, D, D, D, cellules internes; *o', o', o', o'*, cellules centrales; 4, cloison tangentielle dédoublant la région endodermique en endoderme et assise sus-endodermique; *i*, cloison oblique divisant chaque cellule mère; *k*, cloison très oblique séparant le tube criblé et sa cellule annexe.

PLANCHE VIII

Fig. 59. — *Equisetum ramosissimum*. État plus avancé que celui représenté (fig. 58, Pl. VII). — *t*, tube criblé lors de son maximum de différenciation ; V, vaisseau central ; *v*, *v*, *v*, vaisseaux externes ou premiers vaisseaux ; *n*, *n*, cellules annexes ; D', cellule de conjonctif née du dédouble-radial d'une cellule interne (D) ; E', assise sus-endodermique plissée.

Fig. 60. — État plus avancé que les précédents. Montrant la différenciation des vaisseaux ; *p*, méat de l'assise endodermique ; *p'*, méat de l'assise interne de l'écorce moyenne ; *p''*, méat extérieur aux précédents ; P, épaississements intercellulaires de la paroi ; *o''*, cellule de conjonctif provenant du dédoublement d'une cellule centrale (*o'*).

Fig. 61. — *Cycas circinalis*. État peu avancé. — E, endoderme ; *t*, premiers tubes criblés ; L, faisceau ligneux.

Fig. 62. — *Thuia orientalis*. État jeune. — *a*, tubes précurseurs, formant ensemble deux plages opposées correspondant au dos des deux faisceaux libériens ; P, péricycle ; *s*, cellule sécrétrice ; *t*, premiers tubes criblés.

Fig. 63. — Coupe d'une autre racine de la même espèce, possédant trois faisceaux libériens au lieu de deux. — *a*, tubes précurseurs disposés suivant trois plages peu étalées tangentiellement, correspondant au dos des trois faisceaux libériens ; *t*, tubes criblés.

Fig. 64. — *Cedrus argentea*. État jeune. — *a*, éléments précurseurs formant ensemble trois plages presque arrondies ; *t*, premiers tubes criblés qui commencent à se différencier.

Fig. 65. — *Pinus Laricio*. État jeune. — *a*, éléments précurseurs groupés en quatre plages correspondant aux quatre faisceaux libériens ; *c*, canal sécréteur supra-ligneux.

Fig. 66. — État plus avancé que le précédent. — *a*, tubes précurseurs ; *t*, premiers tubes criblés présentant leur maximum de différenciation ; P, péricycle.

Fig. 67. — *Larix europæa*. État jeune. — *a*, tubes précurseurs groupés en deux plages correspondant au dos des deux faisceaux libériens.

Fig. 68. — État plus avancé que le précédent, pris dans une autre racine de la même espèce, possédant trois faisceaux libériens. — *a*, tubes précurseurs groupés en trois plages correspondant au dos des trois faisceaux libériens ; *t*, premiers tubes criblés présentant leur maximum de différenciation.

PLANCHE IX

Fig. 69. — *Ginkgo biloba*. État jeune. — *s*, cellule sécrétrice ; *a*, tubes précurseurs.

Fig. 70. — État plus avancé que le précédent. — *s*, cellule sécrétrice ; *a*, tubes précurseurs ; *t*, premiers tubes criblés ; *p*, cellule du péricycle fonctionnant comme cellule génératrice.

Fig. 71. — *Cupressus horizontalis*. État jeune. — *s*, cellule sécrétrice.

Fig. 72. — État plus avancé que le précédent. — *a*, tubes précurseurs groupés ensemble, en deux plages correspondant au dos des deux faisceaux libériens ; *t*, premiers tubes criblés présentant leur maximum de différenciation.

Fig. 73. — *Taxus baccata*. État jeune. — *s*, cellule sécrétrice.

Fig. 74. — État plus avancé que le précédent. — *a*, tubes précurseurs

groupés en deux plages correspondant au dos des deux faisceaux libériens; *t*, premiers tubes criblés présentant leur maximum de différenciation.

Fig. 75. — *Gnetum Gnemon*. État assez avancé. — *f*, fibres péricycliques supra-libériennes; *a*, cellules de conjonctif supra-libérien présentant des caractères peu différents des caractères offerts par les cellules du péricycle, situées entre l'arc fibreux (*f*) et l'endoderme; L, faisceau ligneux; *t*, premiers tubes criblés.

ESSAIS

SUR LA

RÉGÉNÉRATION EXPÉRIMENTALE DES FEUILLES

CHEZ LES LÉGUMINEUSES

Par P. LEDOUX.

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

Chez un grand nombre de plantes, la première ou les premières feuilles succédant aux cotylédons ont une forme généralement différente de celles qui naissent à un niveau plus élevé sur l'appareil végétatif. Ce phénomène est, en particulier, très accentué dans la famille des Légumineuses.

Dans la tribu des Phaséolées, les deux premières feuilles sont opposées et unifolioliées (*Phaseolus*, *Dolichos*). Toutes les autres sont alternes et trifoliolées.

Les plantes de la tribu des Viciées ont leurs cotylédons hypogés. Leurs premières feuilles, préformées dans l'embryon, sont d'aspect écailleux. Faiblement assimilatrices, elles sont d'un vert clair dans le jeune âge, puis d'un brun plus ou moins foncé à un âge plus avancé. Chacune de ces feuilles est sessile. Largement insérée sur la tige, n'ayant que quelques millimètres de longueur, elle est constituée par

une partie aplatie terminée à son extrémité proximale par trois petites dents. La dent médiane, plus développée que les autres, n'est qu'un limbe avorté et les deux dents latérales représentent les stipules. Ces feuilles séminales, assez fugaces, sont au nombre de deux à quatre suivant les genres. Toutes celles qui suivent sur la tige sont pétiolées. Elles sont pourvues de deux ou quatre folioles normales et portent à la base du pétiole une paire de stipules plus ou moins grandes, mais bien individualisées. L'extrémité du pétiole est terminée par une vrille, mais celle-ci est toujours trop courte pour se fixer. Enfin, à l'aisselle des feuilles séminales et quelquefois des premières feuilles pétiolées, se développent des rameaux latéraux, pourvus de folioles imparipennées.

Généralement, la forme du limbe des folioles nées sur les rameaux axillaires est différente de celle du limbe des folioles nées sur la tige. Alors que les limbes des feuilles des rameaux axillaires sont minces, élargis et pourvus à leur extrémité terminale d'une échancrure dans laquelle se trouve un léger apicule, les feuilles nées sur la tige, au contraire, ont leurs limbes épais, raides, étroits et très aigus au sommet (*Vicia sativa*, *V. monanthos*, *V. peregrina*). De plus, à mesure qu'on se rapproche du sommet, les feuilles des rameaux axillaires ont un limbe de plus en plus étroit quoiqu'échancré au sommet. Le nombre des folioles de chaque feuille des rameaux axillaires est d'autant plus grand qu'on se rapproche du sommet, mais il dépasse rarement quinze ou dix-sept. Celles de la tige, au contraire, n'ont jamais plus de quatre folioles. De plus, la vrille qui se trouve à l'extrémité du pétiole des feuilles des rameaux axillaires est toujours fixatrice. D'abord simple chez les feuilles de base, elle est, plus haut, bi- ou trifurquée.

Chez un grand nombre de Viciées, on ne distingue donc pas moins de trois formes de feuilles coexistant sur un même pied.

Chez les Hédysarées et chez les Galégées, les cotylédons sont épigés. La première feuille est toujours formée d'une seule foliole en spatule, stipulée et longuement pétiolée. La deuxième feuille a souvent deux folioles (*Galega*), parfois trois (*Onobrychis*). Le nombre des folioles des feuilles suivantes s'accroît progressivement jusqu'à dix-sept ou dix-neuf.

Chez les Coronilles, la première feuille est parfois trifoliolée (*C. varia*), parfois unifoliolée (*C. scorpioides*). Dans cette dernière espèce, ce n'est qu'au troisième ou quatrième nœud que la foliole médiane très développée porte, un peu au-dessus de la base du pétiole, deux petites folioles latérales de taille assez réduite.

Dans le groupe des Lotées, les premières feuilles sont trifoliolées, mais les stipules apparaissent au quatrième nœud seulement chez le *Lotus corniculatus*. La première feuille de l'*Anthyllis Vulneraria* est unifoliolée et spatulée. Ce n'est qu'aux nœuds suivants qu'il apparaît sur le pétiole de petites folioles infiniment plus petites que la foliole médiane. La disposition et la taille de celles-ci est tout à fait irrégulière (*A. Vulneraria*, *A. tetraphylla*).

Enfin, dans la tribu des Trifoliées, la première feuille est unifoliolée et les autres ont trois folioles (*Trifolium*, *Medicago*, *Melilotus*). Chez le *T. repens*, par exemple, la première feuille unifoliolée est pubescente. Le limbe sensiblement réniforme est plus large que long. Sa nervation est franchement palmée et le pétiole est très allongé. Les feuilles suivantes ont le plus souvent trois folioles. Leurs limbes à nervation pennée sont peu échancrés au sommet et ils sont non plus réniformes mais orbiculaires. De plus, le pétiole est toujours plus court que celui de la première feuille.

Ainsi, dans la grande majorité des Légumineuses, la première ou les premières feuilles situées au-dessus des cotylédons à partir de la base, ont une forme plus simple que celles qui sont situées à d'autres niveaux de l'appareil végétatif.

Pourtant, chez certaines Génistées et quelques Mimosées, c'est l'inverse qui existe. Chez l'*Ulex europæus,* les premières feuilles sont trifoliolées. Les feuilles suivantes n'ont d'abord que deux folioles seulement. Un peu plus haut, il n'existe qu'une seule foliole à chaque feuille. Cette disparition graduelle du nombre des folioles est due à l'action du milieu ambiant. Cette plante normalement vit surtout dans un climat sec, et, ainsi que l'ont prouvé les expériences de M. Lothelier [27], la sécheresse favorise la transformation des rameaux en épines et la diminution du nombre des folioles.

Chez le *Sarothamnus scoparius*, on constate de même une diminution progressive du nombre des folioles. Les premières feuilles sont également trifoliolées, mais les suivantes ont d'abord deux folioles seulement. Au voisinage des extrémités, les feuilles sont rares et toutes unifoliolées.

Enfin, dans le groupe important des Acacias à phyllodes, le phénomène de réduction du nombre des folioles n'est pas moins intéressant. Les premières feuilles, après les cotylédons, ont des pétioles normaux creusés en gouttière, portant un petit nombre de paires de folioles d'un vert clair qui tombent de bonne heure.

A mesure que l'on considère des feuilles de plus en plus élevées, on constate que le pétiole s'aplatit progressivement, et que la région aplatie est de plus en plus étendue pour les feuilles de plus en plus élevées. Un second fait, corrélatif du premier, est la disparition progressive des folioles. Des pétioles déjà en partie aplatis en portent encore; ceux qui naissent, soit sur les ramifications de la tige, soit au voisinage des extrémités florales en sont totalement dépourvus.

Le plan de ce pétiole aplati est toujours perpendiculaire au plan normal d'un limbe ordinaire, c'est-à-dire passe par la tige. J'ai déjà étudié ce phénomène [21] et je me propose d'y revenir plus longuement en décrivant les expériences que j'ai faites à ce sujet (*Acacia salicina*, *A. cul-*

triformis, *A. stenophylla*, *A. Melanoxylon*, *A. heterophylla*, etc.).

Ainsi, dans les exemples que je viens de citer précédemment (Génistées, Mimosées), les premières feuilles sont toujours plus compliquées que les suivantes, et de plus la disparition des folioles est progressive de la base au sommet. Il est intéressant de remarquer que ces deux phénomènes sont précisément corrélatifs du remplacement des feuilles, soit par les tiges ou les rameaux (Génistées), soit par les pétioles aplatis (Mimosées) qui tous sont alors abondamment pourvus de tissu assimilateur.

En résumé, chez un grand nombre de Légumineuses, les premières feuilles diffèrent généralement des suivantes, le plus souvent par une simplicité plus grande, mais parfois aussi par une complication plus accentuée.

CHAPITRE II

HISTORIQUE

Les différences dans la forme et la disposition des feuilles portées par un même végétal ont déjà fait l'objet de quelques mentions éparses dans divers travaux. M. de Morière [31] a montré que dans la variété *unifoliatus* du *L. Aphaca*, variété extrêmement rare, les feuilles ne sont pas transformées en vrilles. Elles sont représentées par un petit limbe lancéolé.

Moquin-Tandon a étudié en 1841 une Fève dans laquelle toutes les folioles étaient avortées et avaient été remplacées par les stipules, qui avaient pris un développement beaucoup plus grand que chez les types normaux [30].

Suivant M. Penzig [33], il existe parfois des formes de passage entre la première feuille unifoliolée des Légumineuses et les feuilles suivantes trifoliolées. Ces formes intermédiaires seraient dues à une division du limbe unique de la première feuille.

Le même auteur ajoute que, si le développement des limbes foliaires est entravé par une influence quelconque, *même artificielle*, les stipules peuvent prendre un développement très inusité et *acquérir la forme de feuilles végétatives :* « Wird durch irgendwelchen Einfluss (auch künstlich) die Entwickelung der Blattspreiten verhindert, so können die Stipulae ungewöhnlich starke Entwickelung zeigen und laubblättartig werden (*Pisum*, *Faba.*), wie das normal bei *Lathyrus aphaca* der Fall ist. »

Germain de Saint-Pierre a de même décrit un grand nombre de cas tératologiques [34] dans lesquels la division du limbe ou la soudure naturelle de plusieurs limbes voisins modifiaient considérablement l'aspect du végétal examiné (*Phaseolus vulgaris*).

D'ailleurs, comme l'a remarqué M. P. Vuillemin [39], « c'est un fait remarquable que, chez les Viciées, la suppression complète de la différenciation assimilatrice des feuilles primordiales ne les rapproche en rien de la structure cotylaire à l'inverse de ce qui se passe chez les *Scorpiurus* et les *Anthyllis*. L'individualisation des feuilles primordiales des Trifoliées, des Galégées provient d'une accélération dans l'exercice de la nutrition aérienne, qui se manifeste déjà à une période où la plantule n'est pas en état de former des feuilles compliquées. »

Nous verrons plus loin dans quelle mesure les expériences que j'ai effectuées ont ramené précisément les premières feuilles (*Lathyrus Cicera*) ou même l'appareil végétatif tout entier (*Pisum sativum*) à une forme qui, au point de vue anatomique, se rapproche de la forme cotylaire.

C'est avec raison d'ailleurs que cet auteur attribue à l'influence de la vie souterraine l'avortement des feuilles des Viciées, et il ajoute : « Les modifications du milieu trophique interne ou externe provoquent dans le nombre des folioles d'une feuille des variations susceptibles de se fixer, à travers toute la série des phyllums étendus, dans un stade ontogénique déterminé. »

Après avoir cité l'exemple d'un *Trifolium pratense* qui, ayant poussé dans un milieu très nutritif, avait presque toutes ses feuilles à quatre ou cinq folioles, il conclut comme il suit : « Il n'est donc pas invraisemblable qu'on ramène un jour à des actions de milieu, l'origine des différences spécifiques dans le nombre des folioles d'une feuille ou dans le nombre des feuilles d'un verticille ».

La structure anatomique des végétaux est elle-même variable suivant les milieux dans lesquels ils se développent.

Les expériences remarquables de M. Gaston Bonnier sont à cet égard très instructives (6-7). M. Gaston Bonnier a partagé en deux lots les graines issues d'un même pied et a semé les unes, soit dans les Alpes, à l'Aiguille de la Tour, à une altitude de 2.300 mètres, soit dans les Pyrénées, au col de la Paloume, à 2.400 mètres d'altitude, les autres dans la plaine ou à de faibles altitudes.

Il a constaté que les plantes cultivées à de hautes altitudes diffèrent des plantes cultivées en plaine :

1° Par des tiges aériennes étalées, plus courtes et plus rapprochées du sol ;

2° Par des tissus protecteurs des tiges plus développés (écorce, liège, épiderme, hypoderme) ;

3° Par une épaisseur plus grande des feuilles ;

4° Par un développement plus accentué du tissu palissadique et par une assimilation chlorophyllienne des feuilles beaucoup plus considérable à égalité de surface.

De tout ce qui précède, il résulte qu'il ne semble pas *a priori* impossible de modifier, par des expériences appropriées, *la forme, la disposition ou la structure des feuilles*.

C'est pourquoi j'ai cherché le moyen d'obtenir de telles modifications en sectionnant la plante à divers niveaux. Le sectionnement d'un organe a en effet pour résultat de modifier le mode de nutrition de l'appareil végétatif *immédiatement* et d'une façon beaucoup plus accentuée que l'action du milieu ambiant toujours plus ou moins longue à se manifester. Et pour justifier le choix que j'ai fait de la famille des

Légumineuses, il suffit de considérer, comme l'a fait observer M. Guignard [16], que ce groupe si vaste peut fournir à lui seul des exemples de toutes les lois de la taxinomie botanique.

Depuis quelque temps, les botanistes ont tenté des expériences de régénération par la méthode des sectionnements, D'autres ont recueilli d'intéressantes observations.

Presque tous ont eu recours à des plantes n'appartenant pas à la famille des Légumineuses. C'est généralement la tige ou la racine qui a été l'objet de leurs investigations et aucun auteur n'a publié les résultats d'expériences analogues à celles que je me suis proposées. Néanmoins, comme les résultats qu'ils ont obtenus peuvent, au point de vue de la morphologie externe ou interne, présenter certains caractères de dissemblance ou d'analogie, je crois devoir les analyser.

En 1886, M. Beijerinck [3] a étudié en particulier les phénomènes de régénération chez les Mousses. Il cite également un cas de régénération des feuilles de *Brassica oleracea*.

Presque en même temps, M. Wöchting [42] a traité de la régénération chez les Marchantiées, et M. De Wildeman, chez les Algues [40]. MM. Winkler [41] et Pischinger [35] ont étudié la régénération du *Streptocarpus Wendlandi*, une Gesnériacée remarquable par ce fait qu'elle ne développe habituellement qu'une seule feuille dans le cours de son existence.

En 1875, M. Van Tieghem [37] a recherché expérimentalement le degré de solidarité des divers organes de l'embryon. Ses expériences très ingénieuses ont porté sur le Grand-Soleil et la Belle-de-nuit. Il a montré que « tel fragment qu'on voudra de l'un quelconque des organes de l'embryon germe indépendamment des autres ». Toutes ses expériences ont été effectuées dans le laboratoire sur de l'ouate humide maintenue à une température de 22° à 25°. D'ailleurs, la durée des plantes obtenues ainsi après des mutilations de l'embryon a été courte et l'auteur ne fait pas allusion aux feuilles.

En 1877, M. Kny [19], en fendant longitudinalement au-

dessous du sommet la tige de diverses plantes des genres (*Salix*, *Aristolochia*, *Lonicera*, *Prunus*, etc.), tout en respectant le point végétatif, a obtenu la régénération des parties lésées et a réussi ainsi à doubler le cylindre central. Il ne s'est pas occupé des feuilles nées après la section.

En 1886, M. Giard [10] publiait une intéressante communication. Un magnifique *Biota orientalis*, âgé de vingt ans, fut attaqué en 1877 par une ponte d'insectes (*Ocneria dispar*), si bien qu'en 1878 les chenilles avaient dévoré toutes les feuilles, et, à l'automne, l'arbre ne présentait plus de parties vertes. On prit tardivement le parti d'exterminer les *Ocneria dispar*. L'arbre se couvrit alors de nouvelles pousses, mais au lieu de ramilles aplaties couvertes de feuilles squamiformes imbriquées, l'arbuste présentait des rameaux cylindriques, garnis de feuilles en aiguilles rappelant le facies du Genévrier. En un mot, le *Biota* était devenu un *Retinospora*, ancêtre non fascié des Thuyas. Malheureusement, il fut impossible de savoir si la transformation était persistante, car l'arbre périt pendant l'hiver si rigoureux de 1879-1880.

En 1887, M. Kronfeld [20] a pu artificiellement obtenir par la section des jeunes pétioles de *Pisum sativum* un accroissement notable des stipules qui remplaçaient aussi partiellement les limbes enlevés.

Des résultats également intéressants ont été constatés par M. Griffon [15] en 1898. Il a montré que les gelées printanières ont pour conséquence « de faire naître des rameaux de remplacement qui paraissaient ne remplacer que très imparfaitement les pousses normales et qui étaient caractérisées par un plus faible développement et une différenciation moins grande des tissus ».

En 1892, M. Schilbersky [36] a enlevé, sur une certaine longueur, une moitié longitudinale de l'axe hypocotylé ou épicotylé de plusieurs *Phaseolus*. Il a ainsi provoqué la naissance d'une nouvelle assise génératrice qu'il a désignée sous le nom de faisceaux de remplacement extrafasci-

M. Schilbersky ne fait, dans son mémoire, aucune mention des feuilles.

En 1897, M. E. Gain [9] a étudié le développement des graines de Légumineuses habitées par les bruches. Il s'est tout particulièrement attaché à l'influence que ces parasites peuvent exercer sur le pouvoir germinatif de ces graines, et la seule conclusion de cet auteur qui ait un certain rapport avec le sujet que je traite ici est la suivante : « Mutilations très considérables souvent non suivies de régénération des parties mutilées. »

L'année suivante, M. Boirivant [5] a exécuté de nombreux sectionnements sur la racine, les tiges ou les pétioles de diverses plantes. Il a étudié : 1° le remplacement d'un organe détruit par un organe analogue; 2° le remplacement *des feuilles par les tiges*. Dans ce dernier cas, il a montré que la suppression des feuilles ou du limbe a pour résultats de développer davantage sur la tige les appareils d'assimilation et de respiration et, d'une façon générale, de retarder le développement de la plante. Il n'a pas étudié le remplacement des feuilles par des feuilles.

La même année, M. Massart publiait son mémoire [29] sur la « Cicatrisation chez les végétaux », en se bornant à l'examen des Thallophytes.

En 1901, M. Abigail Camp Dimon [1] a effectué des sectionnements sur les cotylédons de *Pisum* et de *Nasturtium* avant le semis. Mais l'auteur ne précise pas le niveau auquel l'ablation d'une partie de cotylédon a été faite, et il ne tient pas compte de la forme ou de la disposition des feuilles nées sur les échantillons mutilés. Je ne rappellerai que les conclusions suivantes analogues aux miennes, au moins en partie :

1° Diminution de la taille de toutes les parties de la plante;

2° Réduction du nombre des feuilles;

3° Diminution de la taille et du nombre des éléments vasculaires.

Enfin, c'est en 1902 et 1903 que les travaux les plus intéressants concernant la régénération ont été publiés.

M. Lopriore [26] a observé des phénomènes de régénération particulièrement dans les genres *Helianthus*, *Acer* et *Vitis*. En fendant longitudinalement le sommet des tiges et en respectant les deux moitiés du bourgeon terminal, il a obtenu des bourgeons latéraux très abondants sur les côtés externes des moitiés fendues. Il n'était pas rare, dit-il, qu'un bourgeon latéral remplacât si complètement le bourgeon terminal qu'il présentait avec la partie restée de celui-ci un aspect tout à fait uniforme. Il ajoute : « On n'a pas observé jusqu'à présent de régénération complète des feuilles atteintes par la section. Les limbes et les pétioles avaient cependant la faculté de s'accroître en partie et malgré leur structure asymétrique présentaient une apparence presque normale. » (*Eine vollständige Regeneration der vom Schnitt getroffenen Blätter wurde bis jetzt nicht beobachtet, die Spreiten und die Blattstiele vermochten jedoch sich theilweise zu ergänzen und trotz ihrer unsymetrischen Bau ein fast normales Aussehen anzuscheinen*).

Ayant surtout en vue la régénération de la tige, il a néanmoins signalé chez les plantes mutilées (*Helianthus*) deux ordres de faits que je retiendrai seuls ici :

1° Inégalités de croissance des entre-nœuds généralement plus longs que chez les témoins ;

2° Irrégularités dans la divergence des feuilles nées sur les rameaux de remplacement.

Il constata des irrégularités analogues chez l'*Acer pseudoplatanus*.

Sur certaines pousses de remplacement, les feuilles basilaires, au lieu d'être opposées décussées comme chez les témoins, étaient d'abord alternes sur deux génératrices opposées de l'axe. Un peu plus haut, la disposition des feuilles était tout à fait normale et celles-ci étaient opposées décussées.

Là se bornent les observations de l'auteur sur la feuille.

La même année, M. Gœbel publiait un mémoire important [12-14] sur la régénération dans le règne végétal.

Laissant de côté les considérations théoriques si abondantes de ce travail, je ne retiendrai ici que les faits d'ordre expérimental ayant quelque analogie avec mes recherches personnelles.

Ainsi il a obtenu des bourgeons adventifs sur des feuilles de *Bryophyllum calycinum* restées adhérentes sur la tige en coupant transversalement les nervures médianes à la base du limbe ou même en sectionnant transversalement le pétiole d'une manière incomplète. Il a remarqué que les feuilles nées après la section naissent non plus dans les échancrures des limbes, mais à la base du pétiole (« *aber diese treten dann nicht in den Kerben des Blattrandes, sondern auf der Basis des Blattstieles auf* »).

D'autres expériences faites sur les plantules de *Cyclamen persicum* ont avec les miennes un rapport plus immédiat.

En coupant le limbe de la première feuille d'une plantule de *Cyclamen*, M. Gœbel a obtenu *une régénération du limbe foliaire.* Parfois, les feuilles nouvellement formées étaient franchement sessiles, parfois brièvement pétiolées. Dans certains cas, deux limbes voisins étaient longuement soudés entre eux; dans d'autres cas, au contraire, ils étaient nettement séparés. Les figures qui sont données montrent d'ailleurs que les limbes obtenus de dimensions et de formes variables étaient ou bien simples, ou bien légèrement dentelés. Ces deux résultats : irrégularités dans le mode d'insertion d'une part, et formes généralement plus simples que chez les témoins d'autre part, concordent avec ceux que j'ai obtenus moi-même chez les diverses espèces de Légumineuses.

Enfin, en janvier 1903, le même auteur a donné [14] le détail de nouvelles expériences faites par lui à Munich sur les genres *Bryophyllum* et *Begonia*.

Les sommets des tiges de plusieurs de ces plantes furent emplâtrés. Le retard du développement du point végétatif

de la tige était ainsi obtenu sans blessure ni lésion aucune. Or, au bout de quatre semaines, il se développait sur les feuilles inférieures des bourgeons feuillés qui d'ailleurs faisaient complètement défaut sur les témoins.

D'autre part, en coupant les nervures principales des feuilles minces de *Begonia rex*, il est parvenu à obtenir sur celles-ci, au voisinage de la jonction du pétiole et du limbe, des bourgeons adventifs analogues par leur disposition à ceux qui se développent *normalement* chez d'autres espèces de Bégonias comme *B. sinuata* par exemple, sur les feuilles non altérées. Enfin le développement de ces bourgeons était très irrégulier. Les uns étaient très développés au bout d'un mois, d'autres après trois mois seulement.

Ces mémoires très intéressants font une large part à la morphologie.

C'est également en 1902 que M. H. Winkler publiait son travail sur la régénération du limbe de plusieurs espèces de Cyclamen [41].

Enfin, l'ouvrage de M. Morgan [32] récemment paru donne l'analyse des expériences de certains des auteurs ci-dessus désignés.

Division du sujet.

L'historique de la question montre que l'hypothèse formulée par moi (p. 285) est très plausible.

Je me suis demandé, en particulier, s'il ne serait pas possible, par des sectionnements pratiqués en telle ou telle région de l'appareil végétatif — régions que je ferai connaître plus loin, — d'obtenir à volonté, en un endroit déterminé de la tige ou des rameaux, la naissance de l'une ou l'autre des différentes formes de feuilles particulières à chacune des espèces considérées. Par exemple, est-il possible d'obtenir le retard du stade trifoliolé chez les Trifoliées ou de provoquer la naissance sur la tige des Viciées des feuilles à limbe mince, cordiforme qui n'existent normale-

ment que sur les rameaux axillaires? Dans le même groupe, est-il possible d'augmenter ou de diminuer le nombre des feuilles écailleuses?

Dans tous les cas, les formes obtenues sur le végétal mutilé par la section seront-elles semblables à celles qui existent au même niveau ou à un niveau différent sur les témoins?

Seront-elles au contraire analogues à celles qui se développent normalement chez d'autres espèces? Aucune de ces questions n'a été traitée par les auteurs.

L'expérience seule pouvait donc lever tous les doutes. C'est dans cet esprit que j'ai dirigé mes recherches. Les questions que je viens ainsi de soulever — pour préciser la nature de mes travaux — recevront plus loin leur solution plus ou moins complète.

Mes premières expériences datent de 1901. Elles ont toutes été effectuées en pleine terre. J'ai ainsi tenté de laisser la plante se développer autant que possible dans les conditions normales.

J'ai déjà recherché si en sectionnant des jeunes plants d'Acacias phyllodiques, immédiatement au-dessus du nœud portant les premières feuilles phyllodinisées ou ayant subi un commencement de phyllodinisation, il serait possible de forcer la plante à porter à nouveau des feuilles analogues aux premières, c'est-à-dire des feuilles composées pennées à pétiole normal et par conséquent non phyllodinisées.

L'année suivante, j'ai sectionné la tige d'un grand nombre de Légumineuses indigènes au-dessus de la première ou des premières feuilles pour tenter d'obtenir en particulier le retard du stade trifoliolé. Dans les deux cas, les résultats ont été identiques, *et je n'ai jamais obtenu le retour des premières feuilles* à un niveau autre que celui où elles existent normalement.

J'ai été ainsi conduit à effectuer mes sectionnements, non plus sur des jeunes plantes, mais sur des embryons de graines

avant le semis. Les résultats ayant été différents des précédents, je diviserai donc mon sujet en deux parties :

1° Sectionnement des jeunes tiges au-dessus des premières feuilles ;

2° Sectionnement des embryons des graines avant le semis.

CHAPITRE III

SECTIONNEMENT DES JEUNES TIGES AU-DESSUS DES PREMIÈRES FEUILLES

§ 1. — Mimosées.

Rappelons d'abord que, en général, il y a lieu de distinguer chez les acacias phyllodiques, au-dessus des cotylédons, quatre types différents de feuilles, qui, au moins dans le jeune âge, coexistent sur un même végétal, savoir, à partir de la base :

1° Une première feuille une seule fois composée à pétiole normal creusé en gouttière ;

2° Un petit nombre de feuilles plusieurs fois composées également à pétiole normal ;

3° Des feuilles plusieurs fois composées chez lesquelles l'aplatissement du pétiole dans un plan vertical est progressif à partir de la base et également peu nombreuses ;

4° Des feuilles réduites à un pétiole très aplati, dépourvues complètement de folioles. Ces feuilles qui, généralement, existent seules, à l'âge adulte de la plante, sont donc le dernier terme de la transformation de la feuille en phyllode.

J'appelle feuille unipennée une feuille composée qui ne porte qu'une seule rangée de folioles de chaque côté ; les feuilles bi-, tri-, tétra-... polypennées sont celles qui portent de chaque côté du pétiole de premier ordre 2, 3, 4, n... pétioles foliolés.

Je décrirai successivement les expériences faites sur des types de l'année et celles faites sur des types de deux ans.

A. — ÉTUDE DES EXEMPLAIRES DE L'ANNÉE.

Les expériences furent effectuées en grand nombre sur diverses espèces d'Acacias semés en même temps dans la serre et cultivés en terre dans les mêmes conditions d'exposition de température et d'humidité (*Acacia cultriformis ; A. cyanophylla ; A. cyclopis; A. longifolia; A. salicina*, etc.). Je me bornerai à donner le détail des expériences effectuées sur un type caractéristique (*A. cultriformis*), en faisant remarquer que les résultats obtenus chez d'autres espèces (dont je donnerai uniquement quelques dessins) sont complètement identiques à ceux que j'ai obtenus sur *A. cultriformis*.

Acacia cultriformis (semis du 8 décembre 1900).

Examen des témoins. — *Première observation* (5 mai 1901). — A cette date, l'*A. cultriformis* (fig. 1) présentait l'aspect suivant. Les cotylédons étaient tombés. La première feuille unipennée, séparée des traces cotylédonaires par un court entre-nœud, avait déjà perdu une partie de sa vigueur. Elle portait trois petites paires de folioles ayant en moyenne 5 millimètres de long sur 3 de large. La 2ᵉ et la 3ᵉ feuilles bipennées étaient pourvues sur chaque pétiole de 2ᵉ ordre de 5 paires de folioles analogues. La 4ᵉ et la 5ᵉ feuille également bipennées portaient 7 paires de folioles à chaque pétiole de 2ᵉ ordre. Mais, tandis que le pétiole de 1ᵉʳ ordre de la 4ᵉ feuille était normal et creusé en gouttière, le pétiole de même ordre de la 5ᵉ feuille était déjà légèrement aplati dans un plan vertical. A partir de ce niveau, l'aplatissement des pétioles de 1ᵉʳ ordre s'accentuait progressivement en même temps



Fig. 1. — *Acacia cultriformis* (témoin, six mois après le semis). — c, c', traces des cotylédons; *b.t*ᵃˡ, bourgeon terminal (1/2 gr. nat.).

que le nombre des folioles diminuait de quelques unités. Enfin la feuille 6 étant bipennée, les feuilles 7 et 8 tétrapennées, la 9ᵉ était entièrement réduite à un pétiole très élargi affectant la forme en coutre caractéristique de cette espèce. Les dimensions de ces coutres étaient : 16 × 5 millimètres, c'est-à-dire notablement supérieures à celles d'une foliole.

Dans les conditions normales, c'est donc de la 6ᵉ à la 9ᵉ feuille que s'est effectué le phénomène d'aplatissement des pétioles et la disparition des folioles chez les témoins.

Sectionnement de la tige principale.

Ce même jour (5 mai 1901), je pratiquai une section complète de la tige principale au-dessus de la 4ᵉ feuille, c'est-à-dire à un niveau auquel les pétioles étaient encore normaux avec une gouttière ventrale.

Deuxième observation (26 mai 1901). — A cette date, la première feuille unipennée de la base de l'échantillon sectionné était en voie de disparition. Les feuilles 2, 3, 4 n'avaient pas changé d'aspect. Mais à l'aisselle de la 4ᵉ feuille, c'est-à-dire au nœud le plus voisin de la section, était né un vigoureux rameau de remplacement, dont le diamètre (8/10 de millimètre) était d'un tiers plus gros que la tige elle-même à ce niveau (5/10 de millimètre) (fig. 2).



Fig. 2. — *Acacia cultriformis.* — Plante de six mois sectionnée au-dessus de la quatrième feuille. Dessin exécuté six semaines après le sectionnement. — *c, c'*, traces des cotylédons ; *b.t*ᵃˡ, bourgeon terminal ; MN, trace de la section. Les feuilles 4', 5', 6', etc., sont phyllodinisées (1/2 gr. nat.).

Ce rameau axillaire portait à partir de sa base :

1° Une feuille bipennée que j'appellerai 5' (pour la distinguer de la feuille 5 du témoin, née normalement sur la tige

principale), dont le pétiole de premier ordre aplati dans un plan vertical avait des dimensions relativement grandes (18 × 6 millimètres).

2° Au-dessus, une autre feuille bipennée (6′) moins développée, dont le pétiole de premier ordre, moins allongé, tendait davantage vers la forme en coutre.

3° Un pétiole élargi en coutre et non foliolé (7′).

On aurait pu croire que la première feuille de la base du



Fig. 3. — *Acacia cyclopis* (témoin de six mois). — *c′c′*, traces des cotylédons: $b.t^{a1}$, bourgeon terminal (1/2 gr. nat.).

rameau de remplacement (5′) serait soit une feuille unipennée comme la première feuille du témoin, soit, tout au moins, une feuille bipennée à pétiole peu aplati comme la feuille 5 du témoin ou même une feuille tétrapennée. Il n'en est pas ainsi. La feuille 5′ est bipennée, mais son pétiole de premier ordre est à la fois très allongé et très élargi. L'organe auquel on pourrait tout au plus le comparer est le pétiole de la feuille 8 du témoin qui est beaucoup plus avancé dans

son évolution vers la forme en coutre que la feuille 5, ainsi que le montre la figure 2.

Or, il est important de noter que, le jour où la section a été faite, le 5 mai 1901, la feuille 8 était encore rudimentaire. Elle s'est développée en même temps que la première feuille de base du rameau de remplacement. Le développement de la feuille 5′ du type sectionné a donc été concomitant de celui de la feuille 8 du témoin. Le même jour (26 mai 1901), le témoin avait simplement accru les dimensions de ses dernières feuilles dont la 9e était sans folioles, c'est-à-dire réduite à un pétiole en forme de coutre.

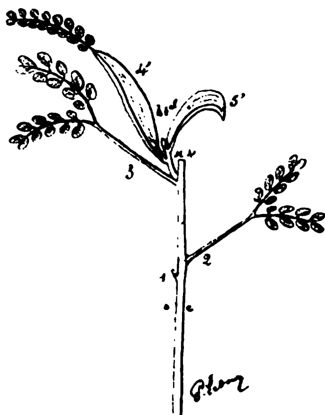


Fig. 4. — *Acacia cyclopis*. — Plante de six mois sectionnée au-dessus de la troisième feuille. Dessin pris six semaines après le sectionnement. — c, c′, traces des cotylédons; *b.t*[al], bourgeon terminal; MN, trace de la section. Les feuilles 3′ et 4′ sont phyllodinisées (les chiffres 3′ et 4′ du dessin doivent être intervertis). (1/2 gr. nat.)

Troisième observation (16 juin 1901). — Chez les individus sectionnés, les quatre feuilles de la base au-dessous de la section étaient de moins en moins vigoureuses. Leur teinte verte s'atténuait de plus en plus. Le rameau axillaire de la 4e feuille, toujours très vigoureux, s'était accru au-dessus de la feuille 7′ de deux nouveaux pétioles aplatis en coutre et non foliolés. En même temps, les pétioles 5′, 6′, 7′ s'étaient considérablement élargis. A cette même date du 16 juin, je constatai chez le témoin la naissance au sommet de l'axe principal de deux nouvelles feuilles 10 et 11 réduites à un coutre très petit et non foliolé.

Quatrième observation (7 juillet 1901). — De nouveaux coutres non foliolés étaient en voie de développement aux extrémités terminales tant de l'échantillon sectionné que du témoin. Je considérai donc cette série d'expériences comme terminée.

Conclusions. — Le sectionnement de la tige sur les semis de l'année, au-dessus de la 4e feuille, a eu pour résultats :

1° De provoquer, dans la région la plus voisine de la section, la naissance d'un vigoureux rameau de remplacement de la tige.

2° Au voisinage de la section, de substituer à des feuilles

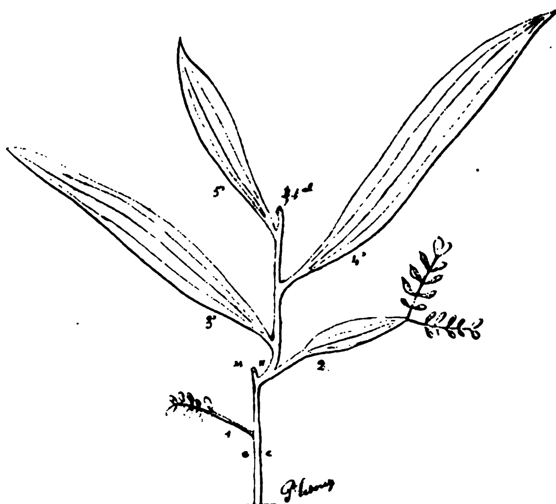


Fig. 5. — *Acacia longifolia*, sectionné au-dessus de la deuxième feuille (même légende que la figure 4).

normales bipennées des organes plus avancés dans leur évolution, analogues à ceux qui — *au même moment* — sont nés sur le végétal non sectionné à un niveau plus élevé.

Des résultats identiques furent obtenus sur de jeunes plants d'*Acacia salicina*, d'*Acacia cyclopis* (fig. 3 et 4) et d'*A. longifolia* (fig. 5).

B. — Étude des plantes de deux ans coupées sur la pousse de première année.

Les semis de diverses espèces d'Acacias avaient été faits le 15 décembre 1899. Pour simplifier, je décrirai simplement

ici les expériences relatives à l'un des types caractéristiques d'*Acacia salicina*. Dans cette espèce, la transformation en phyllodes d'une forme analogue à celle d'une feuille de saule s'effectue graduellement et par le même processus que chez *A. cultriformis*.



Fig. 6. — *Acacia salicina*, semé le 15 décembre 1899 ; sectionné le 10 avril 1901 au-dessus de la deuxième feuille ; dessiné le 10 avril 1901 (1/2 gr. nat.).

Première observation. — Le 10 avril 1901, je sectionnai la tige à 10 centimètres au-dessus du sol. A ce niveau, toutes les feuilles étaient tombées. L'aspect du végétal ainsi mutilé (fig. 6) était celui d'une courte tige absolument nue, fichée dans le sol.

Deuxième observation. — Le 5 mai, je constatai, au-dessous de la section, la naissance d'une dizaine de bourgeons dont chacun était né sur une des traces des feuilles tombées. Mais la petitesse des bourgeons nouveau-nés était telle que je ne pus me prononcer encore sur leur nature. D'autre part, les témoins ne portaient toujours que des pétioles en forme de feuille de saule.

Troisième observation. — Le 26 du même mois, je constatai que sur la tige sectionnée (fig. 7) :

1° Les rameaux les plus vigoureux étaient situés immédiatement au-dessous de la section. Leur développement était d'autant plus faible qu'ils étaient plus rapprochés de la base.

2° Tous ces rameaux ne portaient que des pétioles élargis en forme de feuille de saule et non foliolés. Ces derniers



Fig. 7. — *Acacia salicina*. Exemplaire de la figure 6 dessiné six semaines après le sectionnement. Toutes les feuilles nées après le sectionnement sont phyllodinisées (1/2 gr. nat.).

étaient munis à leur extrémité terminale d'un petit bourrelet vert foncé représentant le rudiment des folioles non développées. En effet, chez quelques-uns, un dixième environ, épars çà et là sur les rameaux, sans ordre apparent, des folioles en petit nombre s'étaient développées faiblement aux extrémités des pétioles élargis en constituant ainsi une feuille bipennée. Mais, en tout cas, les feuilles nouvellement nées sur la plante de deux ans n'étaient semblables ni à la première feuille unipennée à pétiole en gouttière des témoins, ni même aux feuilles bipennées de la base à pétiole également normal. Les dimensions de leur pétiole aplati étaient même supérieures à celles des mêmes organes existant l'année précédente au même niveau sur la même forme de 1900.

On peut donc dire que ces *feuilles nouvellement nées étaient plus avancées dans leur évolution vers la forme en phyllode que celles qu'elles remplaçaient à ce niveau.*

Quatrième observation. — Le 16 juin suivant, trois des bourgeons nés à la base de la plante sectionnée étaient totalement flétris. Ceux du sommet s'étaient, au contraire, légèrement accrus.



Fig. 8. — *Acacia longifolia* (même légende que la figure 7).

Mais les rares folioles que certains pétioles isolés portaient au sommet étaient arrêtées dans leur développement.

Cinquième observation. — Le 7 juillet, la moitié environ des rares pétioles élargis portant de petites folioles les avaient tous perdues. J'en conclus qu'à ce moment de leur développement *dans le temps*, l'*A. salicina* ne peut plus, soit normalement, soit artificiellement donner naissance qu'à des feuilles phyllodinisées.

Des résultats analogues furent constatés sur l'*A. longifolia* (fig. 8).

C. — Étude des plants de deux ans coupés sur la pousse de deuxième année.

Le 14 mars 1901, je coupai transversalement la tige au voisinage du sommet sur la pousse de deuxième année.

Chez l'*A. cultriformis*, la section eut pour résultat de provoquer à l'extrémité des rameaux inférieurs de la tige une recrudescence de sève qui se traduisit par la naissance de nouveaux coutres très nombreux non foliolés et de tout point analogues aux coutres plus âgés. Le 7 juillet, je n'avais constaté aucune nouvelle modification.

Ces expériences m'autorisent à conclure comme il suit :

Conclusion générale concernant les sectionnements chez les Acacias a phyllodes.

Quand un acacia phyllodique porte des organes foliaires différents, qui, au moins dans le jeune âge, coexistent sur un même pied, les feuilles nées après des sectionnements de la tige principale sont toujours celles qui, dans la série des transformations, sont le plus avancées dans leur évolution vers la forme en phyllode.

Les premières formes de feuilles ne reviennent jamais après les sectionnements de la tige.

§ 2. — Papilionacées indigènes.

Des expériences identiques aux précédentes furent faites en pleine terre au printemps 1901 sur des Papilionacées indigènes. Je choisis, à cet effet, dans chaque genre important de cette famille, une ou plusieurs espèces dont je sectionnai la tige soit au-dessus de la 1re feuille, soit au-dessus d'une feuille plus élevée sur l'axe principal.

1° Genre *Trifolium*.

Les semis furent faits le 15 avril 1901.

Les espèces soumises aux expériences furent *T. incarnatum* et T. *pratense*. Chez ces trèfles, les cotylédons verdissent et s'accroissent peu. Ceux-ci sont dépourvus de stipules. Tout à fait lisses et glabres, ils ont un limbe épais à contour simple et leur épaisseur masque la présence des nervures.

La première feuille, presque glabre, est unifoliolée et stipulée. Son limbe à nervation pennée a une épaisseur intermédiaire entre celle des cotylédons et celle des limbes des feuilles situées plus haut. Celles-ci sont toutes trifoliolées et stipulées. Les folioles, à nervation pennée, ont un limbe non plus échancré comme la première, mais orbiculaire.

Le 4 mai 1901, c'est-à-dire trois semaines après le semis, les échantillons avaient en moyenne six feuilles au-dessus des cotylédons. J'effectuai alors les expériences suivantes en divisant les planches en trois lots :

Premier lot. — Témoins non sectionnés.

Deuxième lot. — Tiges sectionnées à peu de distance au-dessous des cotylédons.

Troisième lot. — Tiges sectionnées à peu de distance au-dessus de la première feuille unifoliolée.

Observations sur les plantes du deuxième lot; section faite immédiatement au-dessous des cotylédons. — Après plusieurs observations successives, je constatai, le 30 juin, que tous les échantillons de ce deuxième lot avaient pris au niveau de la section une teinte brunâtre due à la formation de liège cicatriciel ; quelques-uns d'entre eux avaient légèrement accru le diamètre de leur tige, mais aucun d'eux ne portait ni feuilles ni bourgeons même rudimentaires. Ils dépérirent progressivement et, le 25 juillet, tous étaient morts.

Conclusion. — Il n'est donc né, chez les plantes du genre *Trifolium*, aucun rameau latéral sur l'axe hypocotylé.

Observations sur les plantes du troisième lot; section immédiatement au-dessus de la première feuille unifoliolée. — Le 27 mai 1901, il était né, sur toutes les plantes du troisième lot, à l'aisselle de la première feuille unifoliolée, un vigoureux rameau de remplacement, dirigé verticalement, et portant deux ou trois feuilles trifoliolées, stipulées à limbe pubescent. La forme et la taille des limbes étaient identiques à celles des feuilles nées en même temps à un niveau plus élevé de la tige des témoins. J'effectuai alors sur la moitié de ces plantes du troisième lot une nouvelle opération, en sectionnant à la base tous les rameaux axillaires ainsi nés. Le 30 juin 1901, les plantes du troisième lot qui avaient été sectionnées deux fois, portaient comme les autres de nouveaux rameaux de remplacement nés à l'aisselle de la première feuille unifoliolée.

Ces rameaux étaient exclusivement pourvus de feuilles unifoliolées stipulées et à limbe pubescent. Ces feuilles étaient, par leur taille, leur forme et la dimension des pétioles, identiques aux feuilles qui s'étaient développées en même temps sur la tige des témoins à un niveau plus élevé.

Conclusions. — Si l'on sectionne la tige d'un trèfle au-dessus de la première feuille unifoliolée, il naît à l'aisselle de celle-ci un rameau de remplacement portant des feuilles identiques à celles qui existent au même moment sur des témoins. *La première feuille unifoliolée, stipulée et glabre n'existe jamais en double sur un même pied.*

2° Genre *Medicago*.

J'ai effectué aux mêmes dates et dans les mêmes conditions des expériences identiques chez des plantes du genre *Medicago* (*Medicago sativa, M. Lupulina*).

Les résultats furent de tout point concordants avec ceux que j'ai obtenus dans le genre *Trifolium*.

3° Genre *Melilotus*.

Types étudiés ; *M. alba* ; *M. arvensis*. Mêmes expériences que dans les genres précédents.

Observations des témoins du premier lot. — Chez le *Melilotus alba*, par exemple, les cotylédons non stipulés, assez fugaces, verdissent et s'accroissent peu, leur limbe ovalaire, sans dentelures est d'un vert foncé.

La première feuille, assez longuement pétiolée est unifoliolée et stipulée. Son limbe simple, glabre, non denté et d'un vert luisant, est assez épais et à nervures peu saillantes. Cette première feuille rappelle ainsi par son aspect les feuilles cotylédonaires.

La seconde feuille est stipulée et trifoliolée. Le limbe des folioles glabre, simple et non denté est assez épais et d'un vert foncé, mais il est plus allongé que celui de la première feuille.

Les feuilles suivantes sont également stipulées et trifoliolées, mais la minceur du limbe foliaire et sa dentelure s'accentuent à mesure qu'on considère des éléments de plus en plus élevés sur la tige.

Or, généralement à l'aisselle de ces feuilles, — *à partir de la deuxième*, — il naît un rameau très vigoureux portant des feuilles différentes de celles que je viens de décrire. Ces feuilles stipulées sont assez longuement pétiolées, mais leur limbe velu, mince, d'un vert très clair est nettement dentelé.

Observation des plantes du deuxième lot, sectionnées transversalement immédiatement au-dessous des cotylédons. — Les résultats furent identiques à ceux que j'ai déjà notés chez les plantes des genres *Trifolium* et *Medicago*, c'est-à-dire qu'il ne s'est développé aucun rameau latéral sur l'axe hypocotylé.

Observation des plantes du troisième lot, sectionnées un peu au-dessus de la première feuille unifoliolée. — Le 4 mai 1901.

je coupai sur une partie des plantes de *M. alba* et *M. arvensis* toutes les tiges un peu au-dessus de la première feuille unifoliolée.

Le 9 juin suivant, tous les types coupés portaient à l'aisselle de la première feuille unifoliolée un fort rameau de remplacement dirigé verticalement. *Tous ces rameaux étaient, sans exception, pourvus de feuilles stipulées, trifoliolées, à limbe mince, denté et velu.*

Ces feuilles nées après la section — à un niveau qui en est habituellement dépourvu — étaient identiques tant aux feuilles supérieures de la tige principale qu'aux feuilles des rameaux axillaires.

Si l'on admet, ce qui me paraît plausible, que les feuilles trifoliolées, minces, dentées et velues sont plus avancées dans leur évolution que les premières feuilles unifoliolées épaisses et glabres, on pourra conclure que : Les feuilles qui réapparaissent après les sectionnements de la tige effectués au-dessus de la première feuille du *Melilotus alba* ou du *M. arvensis*, sont toujours plus différenciées que celles qu'on a supprimées au-dessus de ce niveau de la tige.

Conclusions concernant le genre Melitotus. — Si l'on sectionne la tige un peu au-dessus de la première feuille unifoliolée, il naît à l'aisselle de celle-ci un rameau de remplacement. Ce rameau porte des feuilles analogues, quant à la taille et à la disposition générale du limbe aux feuilles nées plus haut sur la tige des échantillons témoins, et différant par suite de la première feuille unifoliolée.

4° Genre *Lupinus*.

Exemple choisi : *Lupinus albus*.

Premier lot : Témoins. — La première feuille au-dessus des cotylédons a cinq folioles disposées en éventail. Les deux ou trois suivantes en ont également cinq. Celles qui sont situées plus haut en portent le plus souvent sept ou neuf.

Deuxième lot : Échantillons pourvus de leurs deux premières feuilles seulement et sectionnés au-dessous des cotylédons. — Quelques semaines après la section, je constatai simplement la présence au niveau de la section d'une teinte brunâtre due à l'existence du liège cicatriciel. Le diamètre de la tige s'était accru légèrement, mais celle-ci ne portait jamais de rameaux latéraux.

L'axe hypocotylé des jeunes plants de *L. albus* ne peut donc pas non plus produire de rameaux latéraux.

Troisième lot : Échantillons sectionnés au-dessus de la première feuille. — Les sections furent effectuées le 4 mai 1901. Le 9 juin suivant, il était né à l'aisselle de la première feuille de tous les échantillons sectionnés un rameau de remplacement, dont toutes les premières feuilles étaient pentafoliolées.

Les résultats furent identiques sur les exemplaires sectionnés au-dessus de la deuxième feuille. Il se développa à l'aisselle de cette dernière un rameau de remplacement portant uniquement à sa base des feuilles pentafoliolées.

Conclusions. — Ces expériences permettent de conclure que chez le *L. albus*, les feuilles portées par les rameaux axillaires nées après le sectionnement de la tige sont au moins aussi avancées dans leur évolution que la feuille axillante elle-même. *On ne constate jamais un retour à une forme plus simple.*

5° Genre *Galega* (*G. officinalis*).

Premier lot : Témoins. — La première feuille est toujours unifoliolée. La seconde a souvent deux mais parfois trois folioles. La troisième est trifoliolée ou bifoliolée. Enfin, la quatrième est tri- ou pentafoliolée. Les suivantes ont de sept à quinze ou dix-sept folioles.

Deuxième lot : Tige principale sectionnée immédiatement au-dessus de la première feuille unifoliolée. — Il naquit à l'aisselle de cette première feuille un rameau vertical de remplace-

ment de la tige. Ici encore le nombre des folioles des premières feuilles de ce rameau était variable. Cette première feuille était trifoliolée ou pentafoliolée. La seconde était toujours pentafoliolée. En tout cas, je n'ai jamais constaté sur ce rameau la présence de feuilles unifolioliées ou bifoliolées.

Conclusions. — Le sectionnement de la tige principale de *Galega officinalis*, un peu au-dessus de la première feuille, a eu pour résultats :

1° De provoquer la naissance d'un rameau vertical de remplacement ;

2° De déterminer sur celui-ci la naissance de feuilles toujours plus compliquées que celles qui suivent immédiatement la première feuille des témoins.

Remarque. — Deux exemplaires témoins étaient pourvus de rameaux cotylédonaires. Le premier avait un seul rameau cotylédonaire, le second en avait deux. La première feuille du rameau unique, très réduite, était unifoliolée. Chez tous, d'ailleurs, la seconde feuille était trifoliolée. Il semble donc que, comme dans le genre *Melilotus*, le nœud cotylédonaire ait, lui aussi, une tendance à produire des organes foliaires un peu moins différenciés que les nœuds situés à un niveau plus élevé sur la tige.

6° Genre *Onobrychis* (*O. sativa*).

Les résultats étant exactement les mêmes que chez les exemplaires précédents, je me bornerai à donner les conclusions.

La section pratiquée au-dessus de la première feuille unifoliolée a eu pour résultats :

1° De provoquer la naissance d'un rameau vertical de remplacement de la tige ;

2° Ce rameau de remplacement porte toujours des feuilles plus compliquées — quant au nombre des folioles — que la première feuille unifoliolée. *Celle-ci ne réapparaît jamais à un niveau supérieur.*

7° Genre *Vicia*.

Exemples choisis : *Vicia sativa*, *V. monanthos*, *V. villosa*, *V. peregrina*, *V. Cracca* (var. *multiflora*). Chez les Viciées des genres *Lathyrus* et *Pisum*, les organes foliaires sont difficilement comparables à ceux du genre *Vicia*, soit à cause de l'aplatissement plus ou moins net de la tige et des rameaux — aplatissement qui, en retardant l'évolution, imprime à toutes les feuilles un cachet uniforme [23] — (*Lathyrus Ochrus*, *L. Cicera*, *L. pratensis*, *L. latifolius*, etc.), soit à cause de la transformation rapide en vrilles (*Pisum sativum* et *P. arvense*).

Je me suis borné à l'étude du genre *Vicia*, et je ferai connaître seulement les résultats obtenus sur *V. sativa*.

Premier lot : Témoins. — J'ai déjà étudié (chapitre premier) le polymorphisme des feuilles dans le genre *Vicia*. Je rappellerai simplement qu'on trouve, chez le *Vicia sativa* adulte, quatre espèces de feuilles.

1° Les feuilles séminales sessiles et tridentées, situées immédiatement au-dessus des cotylédons.

2° Les feuilles caulinaires allongées, épaisses, raides et aiguës, situées sur la tige au-dessus des feuilles séminales et dont le nombre excède rarement six.

3° Les feuilles des rameaux axillaires des feuilles séminales, cordiformes et molles.

4° Les feuilles des extrémités supérieures de la tige et des rameaux, qui sont allongées, cuspidées et légèrement échancrées à leur extrémité terminale.

Deuxième lot. — Le 4 mai 1901, je sectionnai la tige immédiatement au-dessus de la première — et chez quelques-uns de la deuxième feuille séminale — et je laissai en place les rameaux déjà nés à l'aisselle des feuilles séminales.

Le 9 juin 1901, j'ai constaté que les sections ainsi opérées n'avaient eu d'autres résultats que d'accélérer la croissance des rameaux axillaires portant des folioles cordiformes. Les

feuilles nées ainsi après la section se rapprochaient précisément par leur forme de celles qui existaient déjà aux extrémités des rameaux des témoins (feuilles du quatrième type allongées et échancrées au sommet).

Troisième lot. — Je sectionnai, à la même date que précédemment, à la fois la tige au-dessus de la première feuille séminale, et, à leur base, les rameaux nés à l'aisselle des feuilles séminales.

Le 9 juin, il était né à l'aisselle des feuilles séminales de nouveaux rameaux extrêmement vigoureux et portant tous sans exception des feuilles à folioles cordiformes. Aucun de ces rameaux nouveau-nés ne portait ni des feuilles du deuxième type allongées et aiguës, ni des feuilles comparables aux feuilles séminales.

Conclusions. — Les opérations ci-dessus visées ont eu pour résultats :

1° De provoquer la naissance de rameaux de remplacement des organes supprimés;

2° De déterminer la naissance de feuilles plus avancées dans leur évolution que celles qui existent immédiatement au-dessus de la première ou de la deuxième feuille séminale des témoins ;

3° *Les premières formes ne reviennent jamais.* L'apparition des formes à folioles allongées et cuspidées est même rendue plus précoce par suite de l'opération.

8° Genre *Phaseolus.*

(Semis du 28 juillet 1902.)

Exemple : *Phaseolus vulgaris.*

Premier lot : Témoins. — Je rappellerai d'abord (Voy. chapitre premier) que chez les Phaséolées la première paire de feuilles est formée de deux folioles opposées.

Les feuilles suivantes sont toutes trifoliées et alternes.

Le problème à résoudre était le suivant :

Peut-on, par des sectionnements appropriés de la tige, des

premières feuilles ou du bourgeon terminal, obtenir la naissance à des niveaux déterminés de l'une ou l'autre de ces différentes formes de feuilles.

A cet effet, j'ai effectué quatre séries d'expériences que j'étudierai successivement.

Deuxième lot : Sectionnement à la base du pétiole des deux premières feuilles opposées. — 1° Le 22 août, c'est-à-dire deux semaines après l'opération, la gemmule avait continué à se développer. On comptait alors au-dessus du premier nœud trois feuilles toutes trifoliolées, puis le bourgeon terminal. A cette même date, presque tous les témoins portaient uniquement deux feuilles trifoliolées au-dessus de la première paire de feuilles opposées.

De plus, la taille des feuilles trifoliolées nées sur l'axe principal après l'ablation des premières feuilles *était généralement plus grande que celles des organes correspondants des témoins.*

Par exemple, la première feuille trifoliolée des plantes mutilées avait les mêmes dimensions que la seconde des témoins. Or, chez les témoins, la taille des feuilles va en diminuant de la base au sommet.

2° Il était né *tant à l'aisselle des premières feuilles sectionnées qu'à l'aisselle des cotylédons* des rameaux peu développés (le plus long avait 32 millimètres de largeur). Ces rameaux ne portaient généralement qu'une petite feuille, mais celle-ci était *partout nettement trifoliolée*, et identique, quant à la forme du limbe, des stipules et des stipelles, aux feuilles trifoliolées de la tige principale.

3° Le diamètre de la tige principale était légèrement plus fort que celui des témoins placés à côté dans le même sol.

Si l'on remarque que le développement de ces rameaux axillaires est, chez les témoins, toujours extrêmement faible, le plus souvent nul, et que d'ailleurs, dans cette expérience, le bourgeon terminal n'a pas souffert, on poura conclure que

l'ablation de la première paire de feuilles opposées a eu pour résultats :

1° De provoquer à l'aisselle des feuilles coupées et même des cotylédons la naissance de rameaux portant des feuilles non pas unifoliolées et opposées, mais trifoliolées et alternes;

2° De déterminer un accroissement de la tige principale;

3° D'accélérer, d'une façon générale, le développement des organes foliaires.

Les feuilles nées après le sectionnement des premières feuilles sont donc plus avancées dans leur évolution que celles qui, chez les témoins, existent immédiatement au-dessus des premières feuilles opposées.

Troisième lot : Sectionnement du bourgeon terminal à sa base, sans modifier les autres parties de la plante. — Peu de jours après la section, je constatais au niveau de la section la formation d'une couche de liège cicatriciel.

Le 22 août 1902, c'est-à-dire quinze jours après l'opération, l'axe principal avait, chez tous les échantillons sectionnés, acquis un diamètre notablement supérieur (d'un quart ou d'un cinquième) à celui de la tige des témoins au même niveau.

Le développement des deux premières feuilles opposées était sensiblement le même que chez les témoins. De plus, il était né des rameaux très grêles, soit à l'aisselle d'une des premières feuilles (jamais aux deux), soit à l'aisselle des cotylédons. Ces derniers rameaux étaient remarquables par leur faible développement. Leur taille à cette date ne dépassait pas 15 millimètres.

Chez quelques exemplaires à gemmule très courte, la section ayant été incomplète, il était né également un rameau au voisinage de la section.

Mais, dans tous les cas, les feuilles nées sur ces rameaux axillaires étaient trifoliolées; elles étaient pourvues de stipules et de stipelles bien nettes, et leur taille était toujours

très inférieure à celle des feuilles trifoliolées nées sur les témoins au deuxième ou au troisième nœud.

Conclusions. — Le sectionnement fait à la base du bourgeon terminal a eu pour résultats :

1° De *retarder le développement de l'appareil végétatif;*

2° De provoquer une *dilatation marquée de l'axe principal;*

3° De déterminer la naissance *de rameaux à l'aisselle des cotylédons ou des premières feuilles opposées* (ces rameaux extrêmement réduits n'ont dans aucun cas été assez vigoureux pour remplacer la tige);

4° De provoquer sur ces rameaux la naissance de feuilles toutes trifoliolées. La forme unifoliolée n'est jamais réapparue sur la tige au-dessus du premier nœud.

Quatrième lot : Sectionnement de la tige immédiatement au-dessous de la première paire de feuilles unifoliolées. — Quelques jours après la section, je constatai, au niveau de la section, la présence d'un liège cicatriciel.

Le 22 août, c'est-à-dire quinze jours après le sectionnement, il était né à l'aisselle d'un ou des deux cotylédons de chaque exemplaire mutilé un rameau très grêle qui se développa péniblement. Quinze jours après la section, il n'avait encore que 5 millimètres de longueur.

Ces rameaux si peu vigoureux portaient une ou rarement deux feuilles toutes trifoliolées et alternes. Les stipules de ces feuilles étaient plus développées que celles des premières feuilles trifoliolées des témoins. Les limbes foliaires, au contraire, étaient de taille beaucoup plus petite. Tandis que la longueur du limbe médian de la première feuille trifoliolée des témoins était de 80 à 85 millimètres, celle du limbe médian de la première feuille trifoliolée de ce rameau axillaire était en moyenne de 40 à 45 millimètres.

En tout cas, je ne constatai jamais la naissance de rameaux latéraux sur la partie de la tige située immédiatement audessus des cotylédons.

Enfin le diamètre de la tige sectionnée s'était accru de

telle sorte que le 22 août il était d'un quart plus grand que celui des témoins au même niveau.

Conclusions. — La section de la tige pratiquée au-dessous de la première paire de feuilles unifoliolée opposées a eu pour résultats :

1° De déterminer au niveau de la section la formation d'une couche de liège cicatriciel ;

2° De provoquer un *accroissement du diamètre de la tige* ;

3° De déterminer la naissance *de rameaux axillaires cotylédonaires* qui, nuls ou à peine visibles chez les témoins, étaient ici trop peu vigoureux pour remplacer la tige sectionnée ;

4° De provoquer la naissance sur ces rameaux axillaires cotylédonaires de feuilles trifoliolées, c'est-à-dire plus complexes que celles qui, chez les témoins, existent immédiatement au-dessus des cotylédons.

5° De retarder le développement du végétal.

Cinquième lot d'expériences : Sectionnement de la tige immédiatement au-dessous des cotylédons. — Les seuls résultats obtenus furent les suivants :

1° Formation de liège cicatriciel au niveau de la section ;

2° Accroissement notable du diamètre de l'axe hypocotylé.

Les plantes ainsi sectionnées furent très nombreuses.

Je répétai la même opération dans des sols différents et à des expositions très diverses. Dans aucun cas, je n'ai constaté la naissance de rameaux latéraux sur l'axe hypocotylé.

Conclusions générales concernant le genre Phaseolus. — 1° Dans une seule série d'expériences (ablation de la première paire de feuilles), les opérations ont accéléré le développement de l'appareil végétatif ;

2° Tous les autres sectionnements de la tige (3e, 4e, 5e lots) ont eu pour résultat d'accroître le diamètre de la tige et de retarder son développement en longueur ;

3° Il est né généralement dans toutes les opérations des troisième, quatrième et cinquième lots, à l'aisselle des deux

premières feuilles opposées ou des cotylédons des rameaux qui n'ont jamais été assez vigoureux pour remplacer la tige sectionnée;

4° Dans tous les cas, les feuilles nées après le sectionnement sont toujours des feuilles trifoliolées alternes, et jamais des feuilles opposées unifoliolées.

Donc, après les sectionnements, les premières feuilles opposées et unifoliolées ne réapparaissent jamais au-dessus du premier nœud.

Conclusions générales concernant les sectionnements des plantules de Légumineuses indigènes.

En résumé, *le sectionnement de la tige des jeunes plants de Légumineuses indigènes au-dessus de l'une des premières feuilles détermine la naissance de rameaux nés à l'aisselle des feuilles les plus rapprochées de la section. Ces rameaux portent toujours des feuilles plus compliquées que celles qui existent normalement au niveau correspondant chez les témoins et elles se rapprochent généralement plus de celles qui existent aux extrémités de la tige ou des rameaux que de celles de la base.*

Par suite des sectionnements, les feuilles d'aspect écailleux préformées dans l'embryon, que j'ai appelées feuilles séminales et qui suivent immédiatement les cotylédons, n'apparaissent jamais *ni sur la tige ni sur les rameaux de remplacement aux nœuds qui, normalement, doivent porter des feuilles pétiolées.*

J'ai été ainsi conduit à sectionner les premières feuilles non plus sur de jeunes plantules, mais dans l'embryon même avant le semis.

CHAPITRE IV

SECTIONNEMENT DES EMBRYONS

(*Semis du 28 juillet 1902.*)

Je divisai également en quatre lots les plantes étudiées :

Premier lot. — Échantillons témoins.

Deuxième lot. — Enlevé un cotylédon avant le semis ; gemmule intacte.

Troisième lot. — Enlevé un cotylédon avant le semis ; supprimé la gemmule au-dessus de l'insertion des cotylédons.

Quatrième lot. — Les deux cotylédons restant en place, gemmule supprimée au-dessus de l'insertion des cotylédons.

1° Lathyrus Cicera.

Premier lot : Échantillons témoins. — Les deux feuilles séminales sont écailleuses, sessiles et tridentées.

Les trois petites dents de chacune de ces feuilles sont soudées sur les deux tiers de leur longueur. L'examen morphologique et anatomique montre que la dent médiane a même valeur qu'une feuille non développée. Les deux dents latérales représentent les stipules (*f.s*, fig. 9).

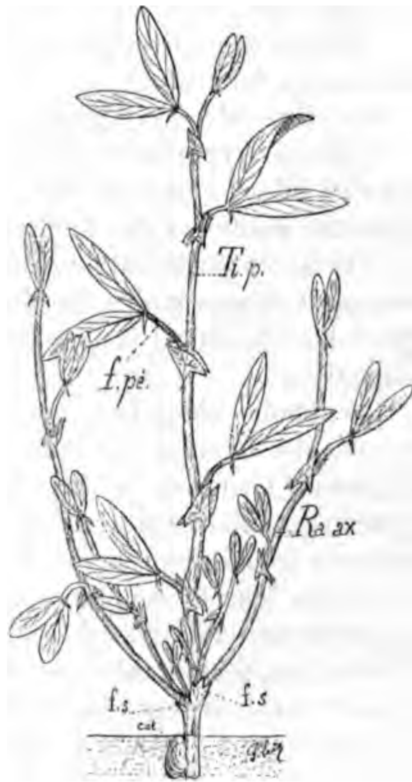


Fig. 9. — *Lathyrus Cicera* (témoin, quinze jours après le semis). — *cot.* cotylédons (un seul est figuré) ; *f.s*, feuille séminale ; *f.pé*, feuille pétiolée ; *Ti.p*, tige principale ; *Ra.ax*, rameau axillaire (gr. nat.).

Ces deux feuilles séminales portent à leur aisselle des rameaux latéraux plus ou moins développés dont le nombre n'excède pas quatre et est souvent de trois. C'est dans cette espèce seulement que j'ai, chez les Viciées, trouvé un aussi grand nombre de rameaux axillaires aux premières feuilles.

Toutes les feuilles suivantes sont bistipulées (*f.pe*, fig. 9). Elles portent à l'extrémité du pétiole deux folioles égales situées de chaque côté d'un organe impair légèrement aplati. Cet organe impair, très court, ne joue jamais le rôle de vrille, au moins à la base de la plante. Les folioles des rameaux axillaires sont généralement moins allongées que les folioles nées directement sur la tige et elles sont plus obtuses au sommet.

Deuxième lot : Un cotylédon enlevé avant le semis ; gemmule intacte. — L'opération a eu pour résultats la disparition plus ou moins complète chez les échantillons mutilés des rameaux axillaires des feuilles séminales. Quelques exemplaires seuls portaient, *au deuxième nœud seulement*, un rameau toujours moins développé que l'organe correspondant des témoins. Tous les autres en étaient complètement dépourvus.

Les folioles des échantillons mutilés se distinguaient des folioles des témoins par leur taille plus réduite et par leur extrémité terminale moins aiguë. Les folioles nées sur les rameaux axillaires de la deuxième feuille séminale étaient toujours franchement arrondies au sommet. Elles différaient ainsi, par leur forme plus simple, des folioles de la tige ou des rameaux axillaires des témoins. Enfin, à tous les niveaux les stipules, comparables par leur forme à celles des témoins étaient constamment plus réduites.

D'autre part, l'examen anatomique m'a montré que les divers organes des échantillons sectionnés se distinguaient des organes homologues des témoins *par une réduction notable du système vasculaire* et de l'*appareil de soutien*.

Troisième lot : Un cotylédon enlevé avant le semis ; gemmule supprimée au-dessus de l'insertion des cotylédons. —

1° *Morphologie externe.* — J'étudierai simplement l'un des exemplaires les plus caractéristiques de ces semis (fig. 10).

L'embryon de la petite graine étant très petit, je n'ai pu effectuer le sectionnement de la gemmule qu'au-dessus de la première feuille séminale. La portion de gemmule ainsi supprimée n'a pas été régénérée. Elle a été remplacée à la fois par deux rameaux d'inégale importance nés à l'aisselle de la feuille séminale restée et par un rameau cotylédonaire né à la base du cotylédon resté.

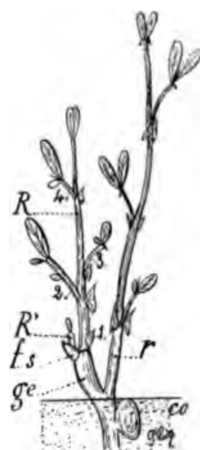


Fig. 10. — *Lathyrus Cicera* (quinze jours après le semis) (un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée, 3e lot). — *co*, cotylédon resté; *f.s*, feuille séminale restée après le sectionnement; *ge*, portion de gemmule restée; R', petit rameau axillaire; R, grand rameau axillaire; *1, 2, 3, 4*, feuilles successives du rameau R; *r*, rameau cotylédonaire (gr. nat.).

Après six semaines de végétation, l'échantillon sectionné n'avait que 50 millimètres de hauteur, tandis que les témoins mesuraient 120 millimètres environ.

La feuille séminale restée était constituée par un seul petit lobe très aigu. Son plus petit rameau axillaire R' avait 2 millimètres de longueur et portait à son extrémité une petite foliole arrondie au sommet (R', fig. 10).

L'autre rameau, que j'appelle rameau R, portait quatre feuilles. La première feuille de ce rameau à partir de la base, d'aspect écailleux, était sessile et formée d'un seul lobe aigu (1, fig. 10). Elle ressemblait aussi par sa forme à la feuille séminale restée. L'anatomie nous montrera plus loin comment elle en différait.

La seconde feuille (2, fig. 10) était pétiolée et unistipulée. Son pétiole portait un peu au-dessus de son insertion sur le rameau un organe aplati très petit, assimilable à une stipule rudimentaire sortie tardivement et à son sommet deux folioles arrondies, dont l'une était située du même côté que l'organe aplati cité plus haut. La plus grande de ces deux folioles avait 8 millimètres de longueur

sur 3 de largeur, l'autre avait à peine un millimètre de longueur.

La troisième feuille (3, fig. 10) avait un court pétiole et une stipule unique. Le pétiole portait à son extrémité une foliole courte et arrondie et à côté une autre très petite ayant un demi-millimètre de longueur.

Enfin la quatrième feuille (4, fig. 10), également unistipulée, était munie à l'extrémité du pétiole de deux folioles arrondies très inégales. Au-dessus de cette feuille était situé un bourgeon terminal très grêle.

Ce rameau R et le rameau cotylédonaire avaient d'ailleurs un diamètre beaucoup plus petit que les rameaux des témoins.

La première feuille du rameau cotylédonaire (*r*, fig. 10), bistipulée, portait à son extrémité deux folioles très inégales. Les deux autres feuilles étaient de forme normale, mais de plus petite taille que celle des témoins.

En résumé, l'opération a eu pour résultats :

1° De provoquer la naissance d'un rameau cotylédonaire toujours absent chez les témoins ;

2° De déterminer une réduction considérable du nombre des rameaux axillaires ;

3° De provoquer dans tout l'appareil végétatif une diminution très nette de la taille des différentes parties et des modifications dans leur disposition relative.

En particulier, même sur le rameau né au-dessous de la section, toutes les feuilles montraient une tendance plus ou moins accentuée au retour à un stade unifoliolé.

2° *Morphologie interne*. — Pour nous rendre compte des modifications que les sectionnements ont pu apporter dans l'anatomie de la tige et des feuilles, il importe d'abord de faire connaître la structure des témoins.

Chez le *Lathyrus Cicera*, comme chez les Viciées en général, le cylindre central de la tige au niveau des feuilles séminales est constitué par six faisceaux libéro-ligneux à bois et liber continus et soudés en anneau plus ou moins net.

Vue en coupe transversale, la tige est sensiblement elliptique (fig. 11). On distingue dans l'écorce deux massifs scléreux (*m.sc*) qui persistent sur toute la longueur de la tige. C'est en face de ces massifs scléreux que les feuilles prennent alternativement naissance. Sur un diamètre perpendiculaire à celui qui passe par l'axe des massifs scléreux, mais légèrement inclinés sur celui-ci, existent toujours deux faisceaux libéro-ligneux (*f.ex*). Comme ces deux faisceaux sont à un niveau plus élevé logés dans la marge de chacune des ailes de la tige, on peut les appeler faisceaux marginaux externes.

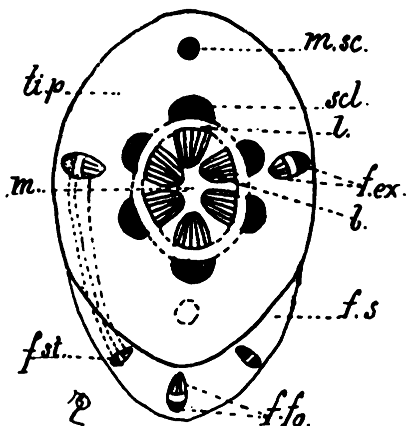


Fig. 11. — Coupe transversale schématisée de la tige d'un témoin du *Lathyrus Cicera* au-dessous d'une feuille séminale. — *scl*, sclérenchyme; *l*, liber; *b*, bois; *m*, moelle; *m.sc*, massif scléreux; *ti.p*, tige principale; *f.ex*, faisceau externe; *f.s*, feuille séminale; *f.st*, faisceau alimentant la stipule; *f.fo*, faisceau foliaire. (Le second massif scléreux est désagrégé au moment de la sortie de la feuille. Il est figuré ici en pointillé.)

A chaque nœud d'une feuille séminale, un faisceau foliaire (*f.fo*) sort du cylindre central en face un des massifs scléreux pour alimenter la feuille. En même temps, chacun des deux faisceaux externes se dédouble. Une partie de ce faisceau se rend à la pointe stipulaire, l'autre reste dans l'écorce.

Au-dessus de la dernière feuille séminale (fig. 12, le cylindre central a encore six faisceaux, mais discontinus. La tige s'aplatit progressivement, forme deux ailes, et, à l'extrémité de chacune d'elles, un des faisceaux externes vient se placer de telle sorte que, dans les coupes transversales, son axe se confond avec le grand axe de l'aile. A chaque nœud d'une feuille pétiolée, un faisceau foliaire sort du cylindre central en face de l'un des massifs scléreux pour alimenter la feuille. En même temps, une autre dérivation, issue égale-

ment du cylindre central, mais beaucoup plus petite, vient, à chaque nœud, se loger entre le faisceau marginal externe et le cylindre central. J'appelle cette petite dérivation : *faisceau intermédiaire*. Chaque faisceau marginal se dédouble. Une partie seulement se rend dans la stipule voisine et

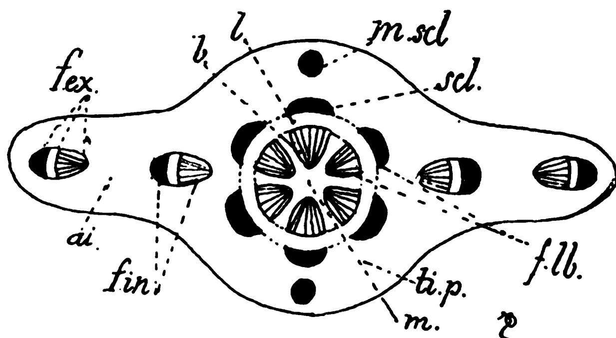


Fig. 12. — Coupe transversale schématisée de la tige d'un témoin du *Lathyrus Cicera* au-dessus d'une feuille pétiolée. — *f.in*, faisceau intermédiaire; *ti.p*, tige principale; *ai*, aile. (Les autres lettres comme à la figure 11.)

(*N. B.* — Par erreur, les faisceaux intermédiaires sont figurés trop gros.)

l'autre partie vient se souder avec le faisceau intermédiaire, sorti au nœud précédent, pour reformer dans l'entre-nœud suivant le faisceau marginal.

Dans les entre-nœuds des rameaux latéraux, le cylindre central est nettement discontinu et ne présente plus que quatre faisceaux au lieu de six. Ces rameaux latéraux sont également pourvus d'ailes. On constate toujours dans l'écorce la présence des deux massifs scléreux sur le petit axe des coupes transversales et des deux faisceaux marginaux sur le grand axe. Mais il n'existe jamais, dans les entre-nœuds, de faisceaux intermédiaires. Chaque faisceau marginal se rend *en entier* dans la stipule voisine et est immédiatement remplacé par une dérivation issue du cylindre central.

En résumé, au niveau des feuilles séminales, chaque faisceau marginal se dédouble. Une partie seulement se rend dans la stipule voisine et n'est jamais remplacée.

Chez les feuilles pétiolées de la tige, il n'entre encore dans la stipule qu'une partie du faisceau marginal, mais la partie restant dans l'écorce est renforcée par le faisceau intermédiaire sorti du cylindre central au nœud précédent.

Chez les rameaux latéraux, le faisceau marginal se rend en entier dans la stipule voisine et *est en même temps*, et non au nœud précédent, remplacé par une dérivation issue du cylindre central.

Par l'origine de leur système vasculaire, les stipules des feuilles des rameaux latéraux sont, en quelque sorte, intermédiaires entre les stipules des feuilles séminales et celles des feuilles pétiolées de la tige.

Cela posé, examinons quel a été, au point de vue de la morphologie interne, le résultat de la lésion de la gemmule. J'étudierai successivement la structure :

1° De la feuille séminale restée;

2° De la portion de gemmule restée après le sectionnement, pour montrer ensuite dans quelles conditions elle a été remplacée par le rameau R. Je ferai connaître enfin quelle était à chaque nœud la structure de ce rameau de remplacement.

1° *Feuille séminale restée.* — L'examen des coupes en séries m'a montré que le sectionnement de la gemmule a été fait obliquement, de sorte que la première feuille séminale n'a été atteinte que latéralement par le scalpel. Or, la région atteinte par le scalpel *n'a pas été régénérée*. Il en est résulté que cette première feuille séminale s'est trouvée réduite après le sectionnement à un lobe unique fortement asymétrique, au lieu d'être pourvue des trois dents caractéristiques des

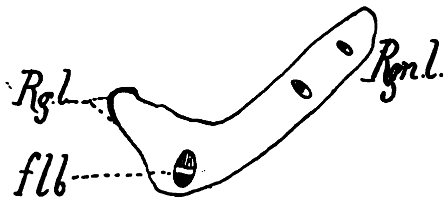


Fig. 13. — *Lathyrus Cicera* (3e lot : un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée). — Coupe transversale schématisée de la feuille séminale restée. — *Rg.l.* région lésée; *Rgn.l.* région non lésée ; *flb.* faisceau libéro-ligneux (gr. 50).

feuilles séminales (fig. 13). Les faisceaux latéraux de la région lésée n'ont été ni remplacés ni régénérés.

2° *Portion de gemmule restée.* — Au niveau de la lésion et par suite au voisinage immédiat de la feuille séminale unique, le cylindre central de la portion de gemmule restée s'est trouvé réduit exclusivement à la région située du côté de la feuille. Toute la région opposée s'est, du côté de la lésion, graduellement résorbée (fig. 14). Les moitiés des deux faisceaux externes, qui, ainsi que je l'ai montré plus haut, restent toujours dans l'écorce après la sortie d'une feuille séminale, étaient donc disparues par suite de la lésion. Il en était de même du massif scléreux qui, dans les coupes transversales d'une tige normale, se trouve toujours du côté opposé à la sortie d'une feuille.

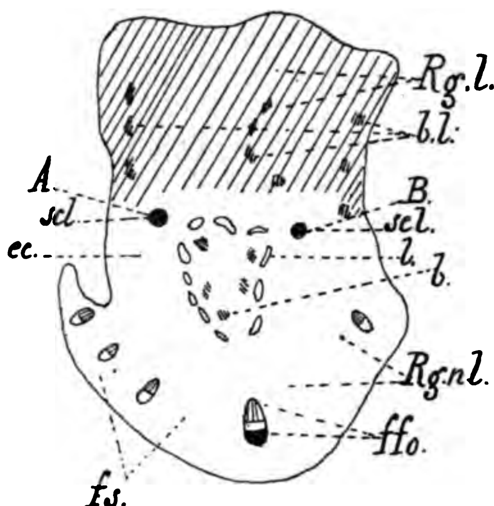


Fig. 14. — *Lathyrus Cicera* (3e lot : un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée). — Coupe transversale schématisée de la portion de gemmule restée après le sectionnement, au-dessous de la première feuille séminale. — *Rg.l*, région lésée en voie de résorption ; *Rg.nl*, région non lésée ; *éc*, écorce ; *b.l*, bois lésé ; *scl*, sclérenchyme ; *b*, bois ; *l*, liber ; *ffo*, faisceau foliaire ; *fs*, feuille séminale (gr. 50).

Il est intéressant de rechercher par quel processus la plante a tenté, en quelque sorte, de reprendre la structure normale, ou, si l'on veut, de reformer le massif scléreux et les deux faisceaux externes disparus.

A cet effet, la région faiblement vascularisée située du côté non lésé s'est divisé en quatre parties d'inégale importance. Chacune de ces parties correspondait à un rameau axillaire légèrement ébauché. Les deux plus faibles

(*1* et *2*, fig. 15) étaient situés immédiatement à l'aisselle de la feuille séminale; l'un d'eux (*1*) était totalement dépourvu de vaisseaux, l'autre (*2*) ne possédait qu'un seul massif libéro-ligneux à peine différencié. Les deux plus forts étaient situés du côté de la lésion. L'un d'eux (*3*, fig. 15) était pourvu d'un cylindre central extrêmement faible avec deux faisceaux rudimentaires. C'est ce rameau que j'ai appelé R′ dans l'étude morphologique externe (p. 317). Enfin le rameau le plus différencié (*4*, fig. 15), que j'ai appelé rameau R, avait dans sa région centrale un anneau libéro-ligneux constitué par deux faisceaux complets (bois, liber, assise génératrice), et par deux massifs libériens alternant avec les précédents. De plus, ce rameau R présentait à considérer dans l'écorce *un seul faisceau externe* (*fex*) et *un seul massif scléreux* (*scl*). Le massif scléreux s'était constitué par l'agglomération des fragments de sclérenchyme issus du péricycle du cylindre central au-dessous de la lésion. Il ne s'était donc pas reformé de sclérenchyme du côté des autres rameaux, c'est-à-dire du côté en voie d'évolution. Quant au faisceau externe, il s'était formé comme il suit.

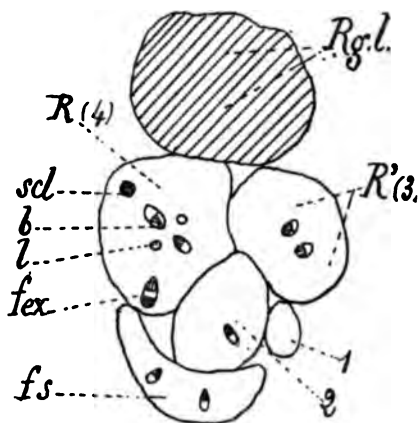


Fig. 15. — *Lathyrus Cicera* (3e lot : un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée). — Schéma de la disposition des rameaux nés à l'aisselle de la première feuille séminale au niveau de la lésion. — *Rg.l*, région lésée en voie de résorption ; *1, 2, 3, 4*, rameaux axillaires ; *scl*, sclérenchyme ; *fex*, faisceau externe ; *fs*, feuille séminale restée ; *b*, bois ; *l*, liber.

Immédiatement au-dessous de la lésion, il est d'abord sorti du massif libéro-ligneux destiné à alimenter les rameaux axillaires deux dérivations en face des points A et B (fig. 14). Par leur mode de sortie, et par le lieu de leur formation, ces deux dérivations étaient comparables aux faisceaux dits

intermédiaires qui s'établissent au niveau de chaque feuille pétiolée. Attendu que ces faisceaux intermédiaires n'existent jamais au niveau des feuilles séminales et uniquement dans les entre-nœuds des feuilles pétiolées de la tige, on peut dire que ce phénomène correspond à une accélération de l'évolution de la plante. Mais cette accélération a été très restreinte, car une seule de ces deux dérivations a pu sortir complètement dans l'écorce pour constituer précisément le faisceau externe unique du rameau R. On s'explique ainsi pourquoi ce rameau R seul a été assez avancé dans son évolution, pour remplacer la tige. Aussi bien, n'étant pourvu que d'un *seul faisceau externe*, ce rameau ne portait que *des feuilles unistipulées*. Quant à l'autre rameau R′, il n'a atteint que 2 millimètres de longueur à peine et ne portait à son sommet qu'une seule petite foliole sans stipules.

Il s'est donc produit ici un essai de régénération anatomique, ou plutôt de *remplacement anatomique*, puisque des deux faisceaux externes qui, normalement et d'une façon absolument constante, existent dans la tige ou les rameaux du *L. Cicera*, un seul a pu péniblement se reformer. Et encore n'a-t-il été reconstitué que par un massif libéroligneux homologue d'un faisceau intermédiaire. D'ailleurs la régénération a été si faible que la différenciation en éléments ligneux ou libériens a été très incomplète. En effet, le diamètre très petit des vaisseaux du bois était, à peu de chose près, comme chez les organes au début de leur évolution, le même que celui des vaisseaux libériens. Chez les témoins, au contraire, on sait que les vaisseaux du bois ont un diamètre généralement beaucoup plus grand que celui des vaisseaux libériens. De plus, toutes les cellules de ce rameau R étaient le siège d'une multiplication très active dans tous les sens et leurs noyaux étaient très volumineux.

En résumé, le rameau R différait à sa base de la tige ou des rameaux des témoins :

1° Par la réduction extrême de son système vasculaire et de son appareil de soutien ;

2° Par l'existence dans l'écorce d'un seul faisceau externe et d'un seul massif scléreux au lieu de deux. Il était donc franchement asymétrique. *Cette asymétrie a causé des troubles profonds dans la structure des feuilles et dans leur mode de raccord avec le rameau* R.

Première feuille du rameau R. — La première feuille de ce rameau constituée par un seul lobe aigu d'un millimètre de longueur à peine, analogue par sa forme à une feuille séminale très réduite, était, à sa base, alimentée par trois faisceaux libéro-ligneux, dont le médian était légèrement plus développé. Les deux faisceaux latéraux sont très rapidement disparus de sorte que, dans la partie moyenne de sa longueur, cette petite feuille ne renfermait plus que le seul faisceau médian. Elle était d'ailleurs constituée, entre les deux épidermes, par quatre assises de cellules irrégulières. Or, une feuille séminale des témoins est constituée, comme chez beaucoup de Viciées, par six assises de cellules situées entre les deux épidermes et elle est alimentée à sa base par sept ou parfois cinq faisceaux libéro-ligneux dont les trois médians sont plus importants que les autres.

Par sa forme et par sa constitution, cette première feuille du rameau R était donc non seulement beaucoup plus simple qu'une feuille pétiolée normale d'un rameau axillaire, à laquelle elle est morphologiquement comparable, mais plus simple aussi qu'une feuille séminale. Or, il n'existe *jamais* de feuilles séminales à la base d'aucun rameau axillaire.

Deuxième feuille du rameau R. — Rappelons d'abord que cette seconde feuille brièvement pétiolée était unistipulée. Elle portait deux folioles très inégales.

Au-dessous de cette seconde feuille, le cylindre central du rameau R, quoique légèrement plus développé et plus vascularisé qu'à la base, était encore beaucoup plus réduit que le cylindre central d'un rameau du témoin. Il ne renfer-

mait toujours dans l'écorce qu'un faisceau externe et un seul massif scléreux. La deuxième feuille a pris naissance en face le massif scléreux (*m.scl*, fig. 16), et l'unique faisceau externe a servi en entier à alimenter la stipule. En même temps que la feuille s'isolait, le rameau et son cylindre central s'aplatissaient de façon que leur grand axe devenait perpendiculaire au grand axe des coupes transversales de la feuille. Or, chez les témoins, quand la tige s'aplatit et se

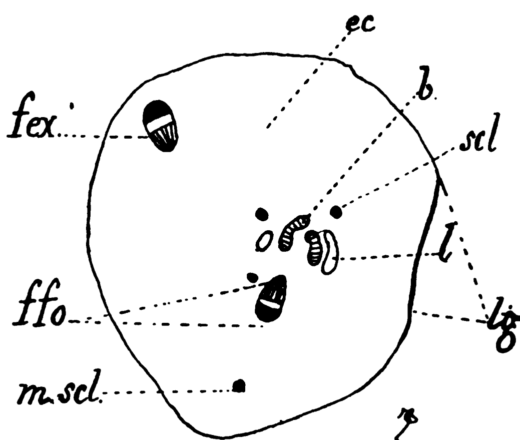


Fig. 16. — *Lathyrus Cicera* (3e lot : un cotylédon enlevé gemmule sectionnée). — Coupe transversale schématisée du rameau R au-dessous de la deuxième feuille. — *fex*, faisceau externe unique ; *m.scl*, massif scléreux unique ; *ffo*, faisceau foliaire se rendant à la deuxième feuille ; *lg*, liège de la région lésée ; *éc*, écorce ; *b*, bois ; *l*, liber (gr. 50).

transforme en ailes, c'est également comme ici, au niveau de la première feuille pétiolée que cette transformation s'accomplit. Mais, dans les coupes transversales, le grand axe de la tige est toujours parallèle à celui de la feuille (fig. 12) et non pas perpendiculaire comme au niveau de cette seconde feuille du rameau R. D'ailleurs, la forme de la tige ainsi aplatie était tout à fait dissymétrique (fig. 17), et n'était nullement comparable à celle d'une tige ailée normale.

Ces différences tiennent à ce que le rameau, à ce niveau. tentait, en quelque sorte, de revenir à la structure normale des témoins en reconstituant dans l'écorce les deux fais-

ceaux externes dont il ne restait maintenant aucune trace, puisque l'unique faisceau externe était en entier entré dans la stipule. A cet effet, en même temps que le cylindre central s'est aplati, il est sorti (fig. 17), à l'une des extrémités du grand axe de ce cylindre, une petite dérivation qui

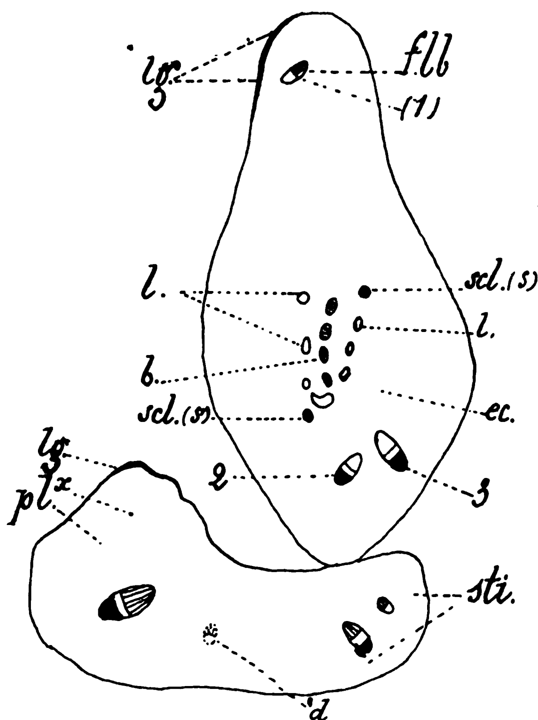


Fig. 17. — *Lathyrus Cicera* (3e lot : un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée). — Schéma de la séparation de la deuxième feuille du rameau R. — *lg*, liège de la région lésée; *f.lb*, faisceau libéro-ligneux; *b*, bois; *l*, liber; *pl*, pétiole anormal de la deuxième feuille; *ec*, écorce; *d*, dérivation issue du faisceau stipulaire; *x*, lieu de formation d'un second faisceau latéral du pétiole (gr. 50).

s'est obliquement logée du côté lésé (*1*, fig. 17). A l'autre extrémité, du côté de l'aisselle de la feuille, il est sorti successivement deux autres dérivations issues du cylindre central.

Celle qui est sortie la première (*2*, fig. 17) peut être, comme la précédente, considérée comme un faisceau

externe reconstitué de toutes pièces. La seconde (*3*, fig. 17), est venue se loger à côté de ce faisceau externe nouvellement reconstitué. Son axe étant sensiblement perpendiculaire à celui de la précédente (*2*), elle était ainsi comparable à un faisceau intermédiaire. Mais ces deux dernières dérivations se sont assez rapidement soudées, de sorte qu'après la séparation de la feuille, le rameau R possédait dans l'écorce deux faisceaux externes, situés aux deux extrémités du grand axe, savoir : *1* d'une part, et *2* + *3* d'autre part. D'ailleurs le sclérenchyme péricyclique s'était lui-même aggloméré en deux petits massifs légèrement inclinés sur le grand axe des coupes en *s* et *s'* (fig. 17). En tout cas, quoique les deux massifs scléreux corticaux ne se soient pas encore reformés et que le rameau aplati soit toujours dépourvu d'ailes, on peut dire que la structure du rameau R se rapprochait déjà à ce deuxième nœud de celle d'un rameau normal. Il y a donc eu ici une *régénération anatomique* certaine.

J'ai constaté de même un essai de régénération dans le pétiole de cette seconde feuille. En effet, au moment où ce pétiole s'est séparé de la stipule, il ne renfermait qu'un seul faisceau, le faisceau médian. Il était donc dépourvu des deux faisceaux latéraux qui, dans les pétioles les plus simples, existent près des bords de la gouttière. Or, pour reconstituer ces deux faisceaux, il est d'abord resté dans le pétiole une petite dérivation (*d*, fig. 17), issue du faisceau stipulaire. Ainsi se trouvait remplacé l'un des faisceaux absents. Un examen attentif m'a montré que, dans les coupes sériées, la région où normalement devait se trouver (*x*, fig. 17) le deuxième faisceau latéral, a été le siège d'une multiplication active des cellules. Les parois de celles-ci, traitées par la double coloration (carmin et vert d'iode) se distinguaient légèrement des voisines, les unes par la coloration rose foncé du liber, les autres par une légère nuance verte. Il y a donc eu ici un début de différenciation des cellules du parenchyme en vaisseaux ligneux

ou libériens. Mais cette différenciation n'a pu se terminer, car les coupes situées plus près des limbes foliaires montraient nettement que ce second faisceau latéral est resté simplement ébauché et n'a pu évoluer complètement. Cette circonstance explique pourquoi l'un des limbes foliaires était infiniment plus développé que l'autre. D'ailleurs, ces limbes étaient à peine différenciés en une seule assise peu haute de palissades ventrales avec quelques rares lacunes dorsales.

En résumé, à ce deuxième nœud, c'est surtout dans le rameau lui-même que la régénération anatomique a été assez nettement accentuée.

Troisième feuille du rameau R. — Le mode de raccord de la troisième feuille n'est pas moins instructif. A ce niveau, le rameau a repris une forme plus massive et l'apla-

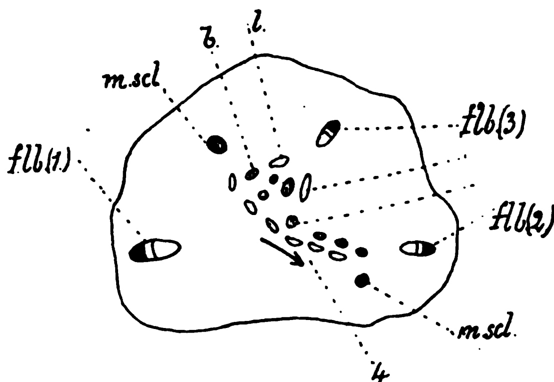


Fig. 18. — *Lathyrus Cicera* (3e lot : un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée). — Coupe transversale schématisée du rameau R au-dessous de la troisième feuille. — *f.lb*, faisceau libéro-ligneux ; *m.scl*, massif scléreux cortical ; *b*, bois ; *l*, liber (gr. 50).

tissement signalé au nœud précédent n'est plus appréciable.

La troisième feuille a son origine entre les faisceaux externes *1* et *2* (fig. 18). Sur le rameau R, un peu au-dessous de cette origine, les éléments vasculaires du cylindre central, plus abondants qu'au nœud précédent,

s'agencent de telle sorte qu'une fraction importante du bois et du liber sort dans l'écorce du côté de la feuille dans la direction de la flèche (*4*). En même temps, une petite dérivation sort du cylindre central, du côté opposé (*3*). Les faisceaux *1*, *2* et une partie des éléments vasculaires, sortis en *4*, servent ainsi à alimenter la feuille. Or, la stipule unique s'organise en *2*, c'est-à-dire du côté de l'axe

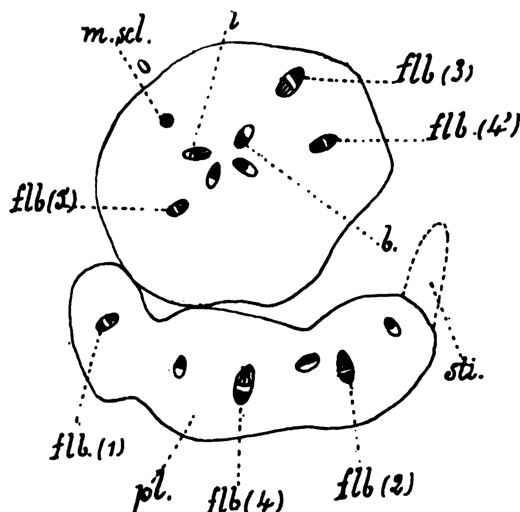


Fig. 19. — *Lathyrus Cicera* (3e lot : un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée). — Coupe transversale schématisée du rameau R au niveau de la séparation de la troisième feuille. — *flb.* faisceau libéro-ligneux ; *pl.* pétiole ; *sti.* stipule ; *m.scl.* massif scléreux (gr. 50).

antérieurement lésé. Du côté du faisceau *1*, au contraire, la stipule à peine ébauchée ne peut s'individualiser.

La régénération est ainsi assez nette et semble devoir se produire précisément du côté où la plante tente de se reconstituer. En même temps, une nouvelle dérivation (*5*, fig. 19), assez faible, sort dans l'écorce pour remplacer le faisceau *1* entré dans la feuille. D'autre part, les quelques vaisseaux issus de *4* (fig. 18), et qui ne sont pas entrés dans la troisième feuille, restent en *4'* (fig. 19) pour former un troisième faisceau externe.

En résumé, au niveau de la séparation de la feuille,

le rameau R renferme maintenant dans l'écorce trois faisceaux externes (*3*, *4'*, *5*).

Ce faisceau *4'* est comparable, lui aussi, à un faisceau intermédiaire des tiges ailées. Cette structure anormale du rameau qui est ici pourvu de trois faisceaux externes tient à ce que la régénération d'ordre anatomique paraît devoir se produire plus nettement que la régénération d'ordre purement morphologique. La disposition et l'orientation des éléments libériens ou ligneux présentent, en effet, une certaine analogie avec celle des éléments homologues d'une tige ou d'un rameau ailé, mais comme les ailes ne se forment

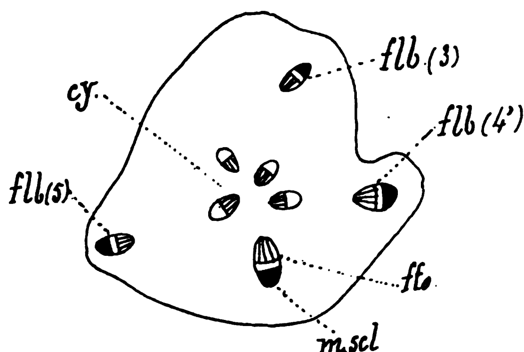


Fig. 20. — *Lathyrus Cicera* (3e lot : un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée). — Coupe transversale schématisée du rameau R au-dessous de la quatrième feuille. — *flb*, faisceau libéro-ligneux ; *cy*, cylindre central ; *ffo*, faisceau foliaire ; *m.scl*, massif scléreux (gr. 50).

pas, il en résulte, dans la structure du rameau R, de remarquables anomalies. On peut distinguer alors dans les coupes transversales de ce rameau une région de l'écorce plus évoluée située du côté primitivement lésé, et une autre région moins évoluée située du côté non lésé, région qui a été arrêtée en quelque sorte dans son développement.

Le pétiole massif de cette troisième feuille était d'ailleurs fortement asymétrique. Il était alimenté par trois massifs libéro-ligneux dont un médian très élargi et deux latéraux plus petits et presque égaux. Aussi était-il pourvu de deux folioles presque égales.

Il est intéressant de constater que le cylindre central du rameau affectait, à partir de ce troisième nœud, une forme moins irrégulière. Il était constitué par quatre faisceaux libéro-ligneux très nets (fig. 20). Les vaisseaux du bois avaient un diamètre beaucoup plus grand que celui des vaisseaux libériens. Ils étaient séparés du liber par une assise génératrice très nette et très active dont toutes les cellules étaient orientées dans le même sens comme chez les témoins. Bien que le nombre des faisceaux libéro-ligneux de ce cylindre central soit resté plus petit que celui (six) des

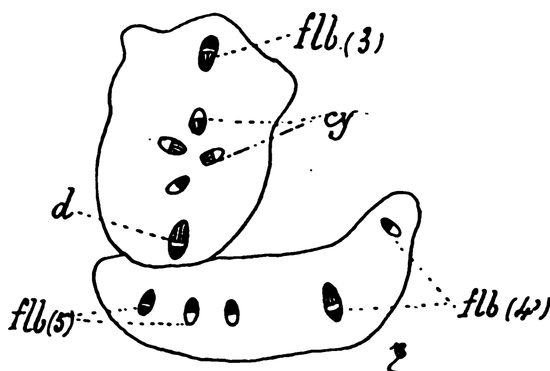


Fig. 21. — *Lathyrus Cicera* (3e lot : un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée). — Coupe transversale schématisée du rameau R au niveau de la séparation de la quatrième feuille. Mêmes lettres que la figure 20 (gr. 50).

rameaux axillaires de la tige, on peut néanmoins conclure que le rameau a, à ce troisième nœud, acquis une structure qui se rapproche encore plus, qu'au nœud précédent, de la structure d'un rameau latéral du témoin.

Quatrième feuille du rameau R. — Enfin, au nœud suivant, la feuille pétiolée portait deux folioles égales et une seule stipule. Cette feuille s'est raccordée comme il suit avec le rameau.

Des trois faisceaux externes qui existaient alors dans l'écorce, deux sont entrés en entier dans la feuille (*5* et *4'*), l'autre (*3*) est resté en place et le faisceau foliaire est sorti

normalement en face le massif scléreux (*m.scl*, fig. 19). Ce faisceau foliaire a néanmoins laissé dans l'écorce une légère dérivation (*d*, fig. 21). Chez les témoins une telle dérivation est destinée à alimenter les rameaux axillaires de la feuille. Ici, au contraire, elle est restée dans l'écorce pour constituer l'un des deux faisceaux externes à l'une des extrémités du grand axe, passant d'ailleurs par le faisceau *3* (fig. 21). A partir de ce moment, le rameau R possède, comme un rameau du témoin, deux faisceaux externes et deux seulement. La seule différence qu'il présente avec un rameau du témoin, c'est qu'il ne porte pas d'ailes et qu'il est dépourvu dans l'écorce des deux massifs scléreux caractéristiques représentés (fig. 12). On peut remarquer d'ailleurs que cette faiblesse, ou même cette *absence de sclérenchyme*, est générale dans les organes en voie de régénération.

Quoi qu'il en soit, le raccord de cette quatrième feuille avec le rameau R s'est effectué suivant un processus qui ne ressemble pas à celui que nous avons étudié, soit chez les feuilles séminales, soit chez les feuilles pétiolées de la tige des témoins, soit même chez les feuilles des nœuds précédents de ce même rameau. Ici, quoique la présence de trois faisceaux paraisse devoir compliquer le phénomène, le processus est plus simple. L'un des deux faisceaux reste en place. Les deux autres entrent en entier dans cette quatrième feuille. Cette modification considérable dans l'anatomie du rameau R a pour cause la tendance que manifeste la plante de se rapprocher *aussi rapidement que possible* de la structure du témoin. C'est là un nouvel exemple et très intéressant de régénération anatomique.

Rameau cotylédonaire. — Le rameau cotylédonaire, d'un tiers plus long que le rameau R, portait trois feuilles bistipulées. Chacune d'elles était pourvue à son extrémité de deux folioles égales, à limbe très arrondi. Pourtant les folioles de la première étaient légèrement inégales.

Ces feuilles se raccordaient avec le rameau exactement de la même manière que les feuilles des rameaux latéraux des témoins.

De plus, la structure de ce rameau cotylédonaire était la même que celle d'un rameau latéral normal.

Conclusions finales concernant la morphologie interne du L. Cicera (*troisième lot*). — Au point de vue de la morphologie interne, l'ablation d'un cotylédon et le sectionnement de la gemmule au-dessus de la première feuille séminale ont eu pour résultat de provoquer dans l'appareil végétatif, et particulièrement dans le rameau de remplacement, de nombreuses irrégularités. Ces irrégularités tiennent à deux causes principales :

1° *Réduction du nombre et de la taille des vaisseaux conducteurs de la sève.* — L'assise génératrice, si abondante entre le bois et le liber des faisceaux des témoins, ne s'est en effet reformée que très lentement. Toujours très faible d'ailleurs dans le rameau cotylédonaire, elle n'a été, sur le rameau R, réellement active qu'au quatrième nœud. Certaines cellules du cylindre central se sont, il est vrai, cloisonnées en tous sens pour former du bois et du liber, mais les cellules ainsi cloisonnées n'ont donné naissance qu'à des vaisseaux ligneux ou libériens rares et de faible diamètre. Cette *faiblesse de l'appareil vasculaire est corrélative de la réduction de taille de toutes les feuilles* et de l'*arrêt de leur évolution* (différenciation peu nette du limbe en palissades et en lacunes ; absence de sclérenchyme).

2° Le rameau cotylédonaire *seul* portait des ailes à partir de la première feuille. Le rameau R en était totalement dépourvu. Néanmoins, les faisceaux externes qui, chez les témoins, sont logés dans la marge de l'aile, se sont reformés quand même par un processus assez compliqué. C'est précisément cette tendance manifeste du rameau R dépourvu d'ailes à rétablir les faisceaux externes — normalement situés dans les ailes — qui a causé des irrégularités pro-

fondes dans la structure de ce rameau. Exemples : au premier nœud un seul faisceau externe ; au-dessus du deuxième nœud, trois faisceaux ; au quatrième nœud, deux faisceaux.

En résumé, chez le rameau R, la *régénération d'ordre purement morphologique a été moins accentuée que la régénération des tissus.*

Quatrième lot : Les cotylédons restant en place, gemmule supprimée au-dessus de l'insertion des cotylédons. — Les résultats constatés dans cette série furent analogues à ceux de la troisième série. Ils se traduisaient partout :

1° Par une réduction constante de l'appareil végétatif (tige, rameaux, feuilles) ;

2° Par une diminution du nombre des rameaux axillaires des premières feuilles séminales ;

3° Par une réduction du nombre et de la taille des feuilles ;

4° Par un système vasculaire plus réduit caractérisé par des vaisseaux conducteurs plus rares et de plus petit diamètre que chez les témoins.

L'un des échantillons ainsi sectionnés présentait une irrégularité tout à fait remarquable. L'entre-nœud compris entre les deux feuilles séminales était pourvu de deux stipules normales par leur forme, mais insérées d'une façon tout à fait arbitraire sur deux génératrices différentes de la tige.

Cinquième lot : Enlevé les deux cotylédons, la radicule et la gemmule restant intactes. — Aucune levée.

2° Lathyrus Aphaca.

Premier lot : Témoins. — Un mois après le semis, la hauteur moyenne des échantillons était de 105 millimètres. Chaque exemplaire portait deux feuilles séminales écailleuses et tridentées à l'aisselle desquelles les rameaux s'étaient très peu développés.

Au-dessus de ces deux feuilles séminales étaient nées deux feuilles normales bifoliolées avec stipules égales et sagittées. Les stipules de la première de ces feuilles étaient plus petites et surtout plus étroites que celles de la seconde. Entre les deux folioles très arrondies de chaque feuille était situé un organe impair très petit. Enfin, à partir du cinquième nœud. la feuille était réduite à une vrille plus ou moins longue, mais les stipules, de forme lancéolée, appliquées contre la tige, étaient très élargies (longueur 6 millimètres, largeur 7 millimètres). Il n'existait donc en résumé que deux feuilles séminales sessiles et tridentées et deux feuilles normales bifoliolées. Tous les autres nœuds n'étaient pourvus que de larges stipules.

Or, si l'on remarque :

1° Que la nervation des stipules est palmée chez le *L. Aphaca* comme chez la plupart des premières feuilles peu évoluées des Légumineuses (*Trifolium*, *Pisum*);

2° Que la nervation des deux feuilles normales du *L. Aphaca* est, au contraire, pennée;

3° Que le limbe arrondi (et non aigu) des folioles normales des feuilles bifoliolées ressemble au limbe des folioles des rameaux axillaires des *Lathyrus* en général et en particulier de *L. Cicera.*

4° Que, d'autre part, la forme arrondie du limbe *s'est toujours*, à la base de la tige, présentée dans les autres échantillons mutilés dans lesquelles la régression est certaine;

5° Que, dans toutes les expériences relatives à l'espèce précédente, la régression d'une feuille s'est d'abord manifestée par une diminution de sa taille, puis finalement par sa transformation en un organe filiforme;

6° Si l'on tient compte d'ailleurs de ce fait plusieurs fois vérifié que les feuilles des rameaux axillaires sont généralement moins compliquées que les feuilles de la tige principales, on pourra admettre que ce remplacement des feuilles normales par des stipules adaptées est un phénomène de régression.

Ces remarques nous permettent dès maintenant de prévoir que les variations des plantes issues des graines mutilées seront chez le *L. Aphaca* moins fortes que chez les types étudiés antérieurement.

Deuxième lot : Un cotylédon enlevé, gemmule intacte. — Un mois après le semis un échantillon moyen choisi dans le semis avait 65 millimètres de hauteur (témoin : 105 millimètres).

Les deux premières feuilles, séminales, étaient très petites, mais leur forme était comparable à celle des témoins.

La première feuille au-dessus des feuilles séminales était réduite à un petit prolongement filiforme de 1 à 2 millimètres de longueur. Elle portait à sa base deux stipules aiguës, simples, non sagittées et de 2 millimètres de longueur sur 1 millimètre de largeur.

La deuxième feuille pétiolée n'avait qu'une seule foliole arrondie au sommet (6 × 3 millimètres). L'autre foliole était avortée sans laisser de trace. A la base du pétiole étaient deux stipules triangulaires fortement inégales.

A partir de ce niveau, les nœuds ne portaient plus qu'une paire de stipules lancéolées de 4 millimètres de long sur 4 de large.

Conclusions. — L'ablation d'un cotylédon de *L. Aphaca* a eu pour résultats :

1° De diminuer la taille des différentes parties de la plante ;

2° De supprimer complètement les rameaux axillaires des feuilles séminales (déjà rares chez les témoins) ;

3° De provoquer une tendance à la disparition complète ou partielle des deux feuilles bifoliolées qui, chez les témoins existent au-dessus des deux feuilles séminales. L'opération a ainsi *accéléré le remplacement des feuilles par les stipules.*

Troisième lot : Un cotylédon enlevé, la gemmule supprimée au-dessus de l'insertion des cotylédons. — Un mois après le semis, la hauteur de la plante n'était que de 42 millimètres (témoin : 105 millimètres).

La gemmule s'était légèrement accrue en diamètre, mais

n'a pas été régénérée. Elle a été remplacée par un rameau né à l'aisselle de la première feuille séminale au-dessus de laquelle la section a été faite.

Les coupes transversales de cette portion de tigelle restée m'ont montré qu'elle était caractérisée :

1° Par une écorce très développée;

2° Par un système vasculaire très réduit. L'anneau libéro-ligneux était représenté par quatre faisceaux. Deux de ces faisceaux étaient constitués par quatre ou six vaisseaux de bois de même diamètre que les vaisseaux du liber très petits. Les deux autres n'avaient que du liber. L'assise génératrice était nulle.

Au sommet de la section était née une petite feuille unifoliolée et unistipulée. La foliole de 2 millimètres de long sur 1 de large était très aiguë et sa forme ne rappelait ni celle des folioles normales ni celle des stipules. Son limbe était constitué par des cellules sphériques et indifférenciées. Les faisceaux de cette foliole très petits étaient au nombre de trois seulement.

Le rameau de remplacement né à l'aisselle de la première feuille séminale portait uniquement trois paires de stipules de taille très réduite mais de forme analogue à celle des nœuds supérieurs des témoins. Celles de la première paire et de la troisième étaient d'ailleurs légèrement inégales. Les plus grandes n'avaient que 3 millimètres de longueur.

Conclusions. — L'ablation d'un cotylédon et de la gemmule de *L. Aphaca* a eu pour résultats :

1° De diminuer la taille des différentes parties de la plante;

2° De faire disparaître complètement le stade de feuille bifoliolée, les premières feuilles apparues sur le rameau de remplacement étant uniquement pourvues de stipules ;

3° De provoquer des irrégularités dans le développement des organes foliaires;

4° De réduire le système vasculaire.

3° Cicer arietinum.

Premier lot : Témoins. — Chez le *Cicer arietinum*, comme chez toutes les Viciées, les cotylédons sont hypogés et les deux premières feuilles séminales sessiles et tridentées ont un aspect écailleux.

Toutes les autres feuilles sont pétiolées, stipulées et composées imparipennées. Leurs folioles opposées sur le pétiole sont ovalaires et fortement dentées. Le nombre des folioles des feuilles pétiolées caulinaires est de plus en plus grand à mesure qu'on considère des organes de plus en plus élevés sur la tige, et il paraît suivre une progression arithmétique. La première en a généralement 7 et les suivantes 9, 9, 11, 11, 13,... etc. jusqu'à 17, nombre maximum.

Dans le cas le plus fréquent, la tige se développe complètement et est pourvue à son sommet d'un bourgeon terminal à développement normal.

Il naît à l'aisselle de chaque feuille séminale, et même des deux premières feuilles pétiolées caulinaires, un rameau portant des feuilles à folioles peu nombreuses : la première en ayant au moins 3 et les suivantes rarement plus de 9. Ainsi dans cette première forme que j'appellerai A (*tige à bourgeon terminal caulinaire*), les feuilles se développent plus que les rameaux.

Dans une seconde forme que j'appelle B, la tige avorte au-dessus de l'une quelconque des premières feuilles caulinaires. Elle est alors remplacée par les rameaux axillaires situés au-dessous sur l'axe principal. Ces rameaux sont pourvus de très longs entre-nœuds, ils sont plus grands que les rameaux axillaires de la forme A, mais le nombre des folioles est toujours plus petit que chez les feuilles caulinaires. Parfois même, il se développe un rameau cotylédonaire portant rarement plus de trois feuilles.

Le nombre des folioles de chaque feuille de ce rameau cotylédonaire est assez petit, il ne dépasse pas sept. Bien

plus, la première feuille *est toujours unifoliolée* et la foliole unique très réduite est peu ou pas dentée.

Enfin, les folioles des rameaux axillaires de cette forme B, toujours plus petites que les folioles des feuilles caulinaires, sont moins fortement dentées. Parfois même, pourvues simplement au sommet d'une petite échancrure, elles ont la forme cordiforme des folioles de *Vicia sativa*.



Fig. 22. — *Cicer arietinum* (témoin d'un mois, forme A). — *cot*, cotylédons; *fs*, feuille séminale; *sti*, stipules; *rax*, rameau axillaire; *bg*, bourgeon; *fe*, feuille (1/2 gr. nat.).

En résumé, chez les témoins de la forme A (*à bourgeon terminal caulinaire*), les feuilles caulinaires portent un grand nombre de folioles et prennent un plus grand développement que les rameaux.

Chez les témoins de la forme B (*sans bourgeon terminal caulinaire*), les rameaux axillaires prennent un plus grand développement que les feuilles caulinaires. Les entre-nœuds sont plus longs, et les folioles moins nombreuses tendent à prendre une forme plus simple que chez le témoin A.

Deuxième lot : Un cotylédon enlevé, gemmule intacte. — La tige principale avait avorté au-dessus de la deuxième feuille pétiolée caulinaire. C'est donc au témoin de la deuxième forme (B) que je comparerai cet échantillon mutilé.

Trois semaines après le semis, la hauteur totale d'un échantillon moyen était de 65 millimètres (témoin B : 95 mil-

limètres). Les deux feuilles séminales étaient peu différenciées et les trois lobes si accentués chez le témoin ne se distinguaient ici que par trois petites dents au sommet de l'organe.

Les deux feuilles caulinaires étaient constituées uniquement par un lobe médian atrophié flanqué de part et d'autre d'une petite pointe stipulaire. Cette disposition rappelle absolument celle des feuilles séminales des témoins.

La première feuille séminale portait à son aisselle un court rameau de 25 millimètres de longueur muni d'une seule feuille trifoliolée à pétiole très grêle. Des trois folioles de cette feuille, les deux latérales à peine dentées étaient réduites à deux petits limbes d'une longueur de 2 et 3 millimètres et de 1 millimètre de largeur. Le limbe de la foliole impaire, à peine denté, avait 5 × 3 millimètres (foliole comparable du témoin, 8 × 4 millimètres). Or le rameau correspondant du témoin B, né à l'aisselle de la première feuille séminale, avait trois feuilles dont les deux premières étaient pentafoliolées et la dernière avait neuf folioles.

La deuxième feuille séminale portait également un rameau axillaire muni de trois feuilles. Celles-ci étaient séparées les unes des autres par de courts entre-nœuds (exemple : le premier entre-nœud avait 12 millimètres de longueur; premier entre-nœud du témoin B : 40 millimètres). Elles étaient d'ailleurs à peu près comparables par leur forme à celles du témoin B.

Enfin, il était né à la base du pétiole de chacune des deux feuilles caulinaires avortées un rameau axillaire dont le second, c'est-à-dire le plus rapproché de l'extrémité de la tige avortée, prit seul la direction verticale. Il portait au-dessous du bourgeon terminal non épanoui une feuille bistipulée à cinq petites folioles inégales.

Le rameau axillaire de la première feuille caulinaire avortée présentait dans son développement une inégalité remarquable. Son premier nœud portait deux stipules : l'une d'elles était simple et non dentée ; l'autre était pour-

vue à son extrémité terminale d'une foliole dentée identique par sa forme à une foliole normale des témoins. Cette disposition que j'ai d'ailleurs trouvée plus d'une fois dans mes expériences sur le *Cicer arietinum* est due sans doute à une soudure de la feuille et de la stipule.

Anatomie. — Les coupes anatomiques m'ont montré que la tige et les rameaux de l'échantillon mutilé se distinguaient des organes homologues du témoin B :

1° Par une section transversale beaucoup plus petite (un tiers environ);

2° Par la faiblesse de l'appareil de soutien (sclérenchyme et endoderme);

3° Par la réduction considérable de l'appareil vasculaire.

En particulier, l'anneau libéro-ligneux qui, à la base de la tige et des rameaux du témoin B est presque ininterrompu et assez puissant est, chez l'échantillon mutilé, toujours faible et discontinu. Ainsi, le rameau axillaire de la deuxième feuille écailleuse était, au niveau de la première feuille, pourvu de huit faisceaux largement séparés les uns des autres. De ces huit faisceaux, deux étaient totalement dépourvus de bois et n'étaient représentés que par quelques cellules de liber. D'autres n'avaient que deux ou trois petits vaisseaux ligneux. Les deux plus importants pourvus d'une douzaine de petits vaisseaux du bois étaient situés en face des génératrices sur lesquelles les feuilles sont insérées normalement. Deux autres (pourvus de six à huit vaisseaux) étaient situés en face de l'origine des stipules. D'ailleurs, le retard apporté par la mutilation au développement de l'appareil conducteur était tel que ces deux faisceaux — destinés à alimenter les stipules — n'étaient pas, comme chez le témoin, sortis dans l'écorce. Les coupes en série m'ont montré que, pour se rendre dans les stipules, ils ont quitté le cylindre central en même temps que le faisceau foliaire, *et non au nœud antérieur*.

Le liber, quoiqu'ininterrompu, était plus abondant que

le bois. L'assise génératrice, souvent très faible, n'existait qu'en face des vaisseaux du bois.

On pouvait également constater la faiblesse du système conducteur dans les feuilles elles-mêmes.

Par exemple, alors que le pétiole de la première feuille du rameau axillaire de la deuxième feuille séminale était pourvu chez le témoin de cinq faisceaux, le pétiole homologue de l'échantillon mutilé n'en avait que trois beaucoup plus faibles.

Vus en coupes transversales, les limbes foliaires, toujours moins symétriques que ceux des témoins, étaient pourvus de palissades plus basses et moins évoluées que celles des feuilles du témoin B.

Conclusions concernant les expériences du deuxième lot. — L'ablation d'un cotylédon chez le *Cicer arietinum* a eu pour résultats :

1° De déterminer un retard général dans le développement de toutes les parties de la plante (entre-nœuds, pétioles, limbes).

Au point de vue morphologique, ce retard a eu pour but de provoquer la naissance des feuilles moins compliquées que celles du témoin B.

Premier exemple. — Le rameau axillaire de la première feuille séminale portait chez le témoin B trois feuilles ayant respectivement cinq, cinq, neuf folioles égales et chez l'échantillon mutilé une seule feuille à trois folioles très inégales.

Deuxième exemple. — Le rameau axillaire de la première feuille pétiolée portait chez le témoin B deux feuilles ayant respectivement cinq ou sept folioles, et sa longueur était de 70 millimètres.

Chez l'échantillon mutilé, la première feuille du rameau homologue du précédent était réduite à ses stipules anormales; la deuxième et la troisième feuilles avaient sept folioles, mais la longueur totale du rameau n'était que de 38 millimètres.

2° De réduire d'une façon très nette l'appareil conducteur de la sève, tant par le nombre que par la taille des vaisseaux. De plus, cette réduction porte surtout sur le bois.

Troisième lot : Un cotylédon enlevé, la gemmule supprimée au-dessus de l'insertion des cotylédons. — En raison de la diversité des résultats obtenus, j'étudierai deux exemplaires E et F caractéristiques choisis dans l'ensemble.

1° *Exemplaire E.* — Un mois après le semis, l'axe principal s'était, au niveau du cotylédon resté, considérablement dilaté. Cette proéminence anormale, de forme irrégulière, avait suivant son grand axe transversal 7 millimètres de diamètre, et la hauteur était de 8 millimètres.

Elle portait deux rameaux. L'un, né au sommet de la dilatation, au niveau de la cicatrice provenant de l'ablation du cotylédon, avorta rapidement. Le second, constituant à lui seul tout l'appareil végétatif, et né à l'aisselle du cotylédon resté, avait alors une longueur de 140 millimètres (témoin A : 140 millimètres ; témoin B : 95 millimètres).

Ce rameau unique était totalement dépourvu de rameaux axillaires. Un mois après le semis, il portait huit feuilles seulement.

Le même jour, le témoin B en portait déjà trente.

La première feuille de ce rameau cotylédonaire était composée d'un petit lobe unique, légèrement aigu, indifférencié et sessile. Elle portait à son aisselle un bourgeon axillaire qui ne se développa pas.

La deuxième, également très petite, séparée de la première par un court entre-nœud, tridentée à son extrémité terminale, avait l'apparence d'une feuille écailleuse.

Elle était, à son aisselle, pourvue d'un très petit rameau dont la première feuille, de 5 millimètres de longueur, était brièvement pétiolée et unifoliolée. Le limbe unique était légèrement denté au sommet.

Remarquons immédiatement l'énorme régression qui se manifeste à ces deux premiers nœuds. Contrairement à ce qui se passe sur les rameaux cotylédonaires, les deux premières feuilles de ce rameau sont écailleuses, elles présentent une certaine ressemblance avec des feuilles séminales. De plus, ce n'est qu'au deuxième nœud

qu'une feuille pétiolée peut s'organiser. Encore est-elle unifoliolée.

La troisième feuille également unifoliolée avait un pétiole de 12 millimètres de longueur. Le limbe, assez réduit, long de 6 millimètres était légèrement denté. Elle portait à son aisselle un rudiment de bourgeon axillaire et à sa base deux stipules tout à fait inégales. L'une de ces stipules était constituée par une petite pointe de 1 millimètre à peine. L'autre, coalescente avec la tige sur presque toute la longueur de l'entre-nœud inférieur, était formée d'un lobe unique très aigu, de 9 millimètres de longueur.

La quatrième feuille, pentafoliolée assez longuement pétiolée, avait 35 millimètres de longueur et elle n'était pourvue que d'une seule stipule. Les cinq folioles, au lieu d'être, comme chez les témoins, opposées ou subopposées sur le pétiole, étaient au contraire franchement alternes et d'ailleurs l'alternance était irrégulière.

La cinquième feuille portait deux stipules anormales quant à leur longueur (presque le double des stipules des témoins au même niveau). Les sept folioles alternes dont elle était pourvue étaient de taille très inégales. Leur longueur était respectivement 5, 6, 8, 8, 3 et 7 millimètres à partir de la base du pétiole.



Fig. 23. — *Cicer arietinum* (3e lot : un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée). Plante d'un mois. Exemplaire F. — *cot*, cotylédon resté ; *p.ge*, portion de gemmule restée après le sectionnement ; Rα, rameau α ; Rβ, rameau β ; *fo*, foliole ; *pl* + *sti*, pétiole soudé à une stipule ; *1, 2, 3, 4*, feuilles successives de chaque rameau ; *bg*, bourgeon terminal (1/2 gr. nat.).

Enfin les trois feuilles suivantes, un peu plus régulières en ce qui concerne la dimension des folioles, étaient toutes paripennées et portaient respectivement huit, dix et douze folioles. Chez ces feuilles, la forme paripennée était visiblement due à l'avortement de l'une des dernières folioles.

2° *Exemplaire F: Un cotylédon enlevé, gemmule supprimée.* — Un mois après le semis, cet exemplaire, très vigoureux, était pourvu de deux rameaux cotylédonaires de dimensions sensiblement égales. Leur hauteur commune était de 175 millimètres (témoin A : 140 millimètres; témoin B : 95 millimètres). Le nombre total des feuilles était de quinze (témoin B : trente). Comme dans l'exemplaire précédent, aucun rameau ne s'était développé à l'aisselle des feuilles.

Cet exemplaire ayant déjà été brièvement décrit [24], je l'étudierai ici avec détails, et, pour simplifier, je traiterai l'une après l'autre la morphologie et l'anatomie de chacun des organes examinés en adoptant l'ordre suivant :

1° Portion basilaire de la gemmule restée;

2° Rameau né du côté du cotylédon resté (je l'appelle α) ;

3° Rameau né du côté du cotylédon enlevé (je l'appelle β).

1° *Portion basilaire de la gemmule restée.* — La portion basilaire de la gemmule restée au-dessous de la section s'est légèrement allongée, mais la gemmule n'a pas été régénérée. Il est cependant né, au niveau de la section, deux petites feuilles très peu différenciées. Ces deux feuilles sessiles ayant à peine un millimètre de longueur étaient l'une unilobée, l'autre irrégulièrement trilobée. Elles étaient insérées l'une au-dessus de l'autre sur la génératrice passant par le point d'insertion des feuilles séminales (si celles-ci s'étaient développées). Elles étaient constituées par une partie épaisse renfermant un faible faisceau à bois tourné du côté de l'axe et par une partie amincie en forme de limbe avec quelques rares vaisseaux. L'ensemble était formé

d'un parenchyme indifférencié de cellules irrégulières ou sphériques sans trace de différenciation en palissades ou lacunes.

Quant à la portion de gemmule restée, les coupes

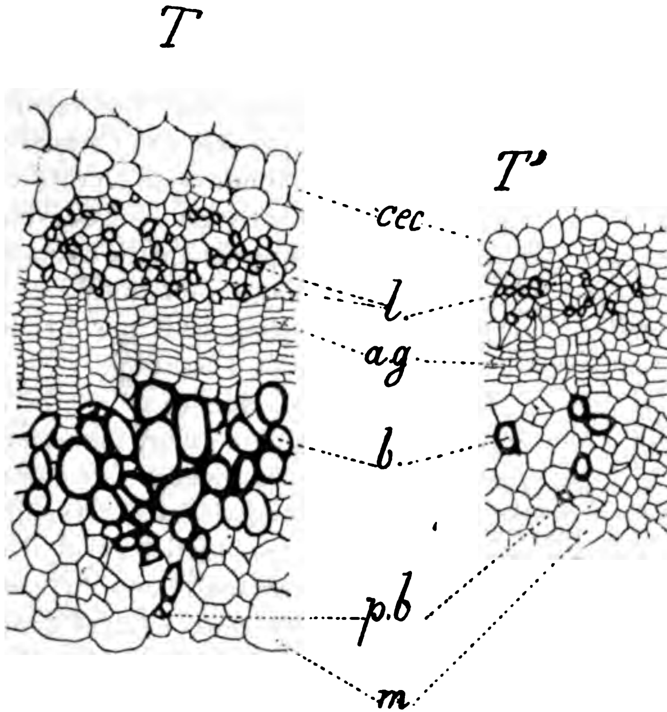


Fig. 24 et 25. — *Cicer arietinum.* — Comparaison du système vasculaire de la tige d'un témoin (T) au-dessous de la première feuille séminale et de la portion de gemmule restée (T') de l'exemplaire F (3e lot). Cette dernière coupe pratiquée en *p.ge* (fig. 23). — *fp*, fibres péricycliques ; *l*, liber ; *a.g*, assise génératrice ; *b*, bois ; *m*, moelle ; *pb*, pôle ligneux (gr. 200).

transversales pratiquées dans cet organe montrent qu'elle était caractérisée par un développement de l'écorce plus grand que chez les témoins et par une extrême réduction du système vasculaire. Les vaisseaux du bois très petits étaient disséminés par groupes de un à six le plus souvent.

Les figures 24 et 25 montrent d'ailleurs l'énorme dis-

proportion qui existe entre les éléments vasculaires comparés au même niveau sur l'échantillon mutilé et sur le témoin.

2° *Étude du rameau α.* — Ce rameau portait huit feuilles. La première, distante de 15 millimètres de la base du rameau, était formée d'une petite écaille aiguë de 3 millimètres de longueur (*1*, fig. 23). Vu en coupe transversale, cet organe était fortement asymétrique (fig. 26). Cette asymétrie est due à ce qu'un côté seulement de l'organe s'est développé en une partie aplatie assimilable à un limbe (*rlb*). L'autre côté, plus épais (*rpl*), avait une forme qui rappelait d'assez loin celle d'un pétiole. Mais ce pétiole ne renfermait que deux faisceaux opposés par leur bois comme un pétiole cotylédonaire. D'ailleurs, il n'est pas sorti dans cette feuille de faisceaux latéraux comme il en sort normalement dans les feuilles séminales ou dans les feuilles normales des témoins. La région aplatie (*rlb*) constituée par un parenchyme homogène de cellules sphériques ne présentait aucune trace de palissades ou de lacunes. Elle était ainsi comparable à un limbe de feuille séminale.

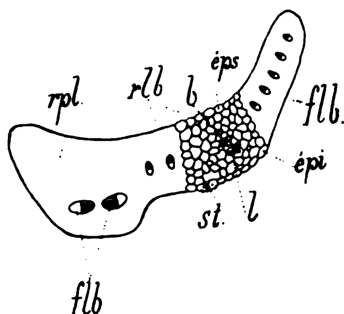


Fig. 26. — *Cicer arietinum* (3e lot). Exemplaire F. — Coupe transversale schématisée de la première feuille née sur le rameau α de la figure 23. — *rpl*, région homologue d'un pétiole; *rlb*, région homologue d'un limbe stipulaire; *flb*, faisceau libéro-ligneux; *b*, bois; *l*, liber; *éps*, épiderme ventral; *épi*, épiderme dorsal; *st*, stomate (gr. 25).

Cette première feuille du rameau α réunit donc des caractères d'*un pétiole cotylédonaire* et des caractères de *feuille séminale*.

Au deuxième nœud de ce rameau α, il existait deux stipules isolées de forme et de taille très différentes (*2*, fig. 23). L'une, née la première, était formée d'un petit lobe non denté, aplati et obtus de 7 millimètres de longueur. L'autre, beaucoup plus grande, très élargie, de 10 millimètres de

longueur, fortement arquée et bidentée du côté concave, était *orientée dans un plan vertical*. Elle portait à son extrémité une foliole presque rectangulaire au sommet, à nervures palmées et dont le pétiole était, sur toute sa longueur, soudé à cette stipule arquée.

La structure de cette foliole était normale. Ces deux stipules, si différentes d'aspect, avaient néanmoins une constitution analogue. Chacune d'elles était reliée au cylindre central par un faisceau médian et deux latéraux comme dans les feuilles pétiolées.

Considérées dans la région moyenne de leur longueur, elles présentaient toutes deux une marge plus épaisse que l'autre. Par la disposition de ses faisceaux et sa différenciation en parenchymes palissadique et lacuneux, la partie mince était comparable à un limbe stipulaire (*rgl*, fig. 27). Par l'orientation de ses faisceaux et la disposition de son parenchyme en cellules grandes et irrégulières, la marge épaisse (*rgpl*) pouvait être assimilée à la moitié d'un pétiole normal. Les organes foliaires du deuxième nœud présentaient ainsi *à la fois* des caractères *de pétiole normal* et des caractères *de limbe stipulaire*.

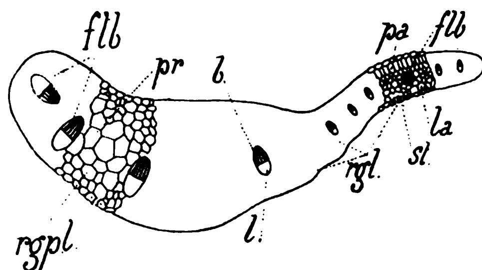


Fig. 27. — *Cicer arietinum* (3e lot). Exemplaire F. — Coupe transversale schématisée de l'organe en faux, né au deuxième nœud du rameau *a* de la figure 23. — *flb*, faisceau libéro-ligneux ; *pr*, parenchyme ; *pa*, palissades ; *la*, lacunes ; *st*, stomate ; *rgpl*, région homologue d'un pétiole ; *rgl*, région homologue d'un limbe stipulaire ; *b*, bois ; *l*, liber (gr. 25).

Au troisième nœud était insérée une feuille pétiolée de 30 millimètres de longueur (*3*, fig. 23). Elle portait six folioles dentées de forme presque normale, alternes sur le pétiole. La première, à partir de la base, était notablement plus large que les autres (8 millimètres au lieu de 3 ou 4).

Cette foliole paraissait avoir été formée par la soudure de deux autres. Cette troisième feuille était pourvue à sa base de deux stipules tout à fait inégales. L'une était réduite à une petite pointe de un millimètre de longueur. L'autre était normale.

Le pétiole différait d'un pétiole normal par l'importance de ses faisceaux latéraux pourvus d'ailleurs d'une assise génératrice extrêmement puissante.

La quatrième feuille (*4*, fig. 23) était pourvue de sept folioles opposées. Mais, immédiatement à la base de la première paire de folioles, il en était né deux autres très petites insérées au même endroit que cette première paire sur le pétiole, de sorte qu'au premier nœud du pétiole, il existait deux grandes folioles et deux petites. Les stipules égales étaient de forme normale.

La cinquième feuille (fig. 23) avait dix folioles toutes alternes sur le pétiole, et la dernière était franchement impaire. Les deux stipules plus allongées que des stipules normales étaient inégales. La forme imparipennée ne paraissait pas due à l'avortement d'une foliole terminale.

Enfin, les trois feuilles suivantes portaient respectivement dix, treize et quinze folioles toutes opposées ou subopposées sur le pétiole (fig. 23).

J'ajouterai que toutes ces feuilles se raccordaient normalement avec le cylindre central par trois faisceaux, un médian se rendant à la feuille et deux latéraux aux stipules.

3° *Étude du rameau* β. — Ce rameau β né à l'aisselle du cotylédon enlevé portait sept feuilles.

Le premier nœud présentait une disposition identique à celle du *deuxième nœud* du rameau α, c'est-à-dire deux stipules inégales, l'une simple et indifférenciée, l'autre fortement arquée, dentée du côté concave, orientée dans un plan vertical.

Cette dernière portait à son sommet une foliole presque

carrée à son extrémité, fortement dentée, à nervation pennée et dont le pétiole était soudé longitudinalement à cette stipule arquée.

La constitution anatomique de ces organes était identique à celle des organes du premier nœud du rameau α.

La deuxième feuille portait deux stipules égales unidentées. Son pétiole de 25 millimètres de longueur était pourvu de trois folioles. La foliole impaire dont la forme irrégulière s'éloignait sensiblement de celle d'une foliole normale était beaucoup plus grande que les deux autres.

La troisième feuille, à deux stipules égales, était également trifoliolée. Les folioles égales étaient toutes les trois insérées à l'extrémité du court pétiole (10 millimètres).

La quatrième feuille à deux stipules égales portait sept folioles égales subopposées sur le pétiole.

Les trois dernières feuilles avaient respectivement dix, douze et treize folioles, chez lesquelles l'alternance sur le pétiole était très fréquente.

Conclusions. — L'ablation d'un cotylédon et de la gemmule avant le semis ont eu pour résultats :

1° De provoquer la naissance de rameaux cotylédonaires très rares chez les témoins. Ces rameaux cotylédonaires étaient en tout cas plus développés que ceux qui existent parfois chez les échantillons non mutilés.

Ces rameaux cotylédonaires étaient toujours dépourvus de rameaux secondaires. Ils portaient exclusivement des feuilles. Cette circonstance les distingue nettement des rameaux axillaires de la tige généralement pourvus de ramifications secondaires.

2° De déterminer un retard très net dans la plurifoliation. Ce retard s'explique comme il suit :

Chez les feuilles des rameaux axillaires de la tige des témoins non mutilés (A ou B), il y a toujours un retard dans la plurifoliation par rapport à celles de la tige, et ce retard est d'autant plus accentué que le rameau considéré est

situé plus bas sur l'axe principal. Ainsi dans l'exemplaire témoin de la deuxième forme (B) qui peut être considérée comme résumant le développement du *Cicer arietinum*, on voit que la première feuille du rameau cotylédonaire a toujours une seule foliole; la première feuille d'un rameau axillaire de feuille séminale en a toujours trois, la première feuille caulinaire normale en a parfois cinq et souvent sept.

L'ablation d'un cotylédon et de la gemmule au-dessus de l'insertion des cotylédons provoquant la naissance de rameaux axillaires cotylédonaires (très rares chez les témoins), il en résulte que la première feuille de l'appareil végétatif des graines mutilées a non plus trois, cinq ou sept folioles, mais une seulement. Par l'opération, on force donc la plante à passer par un stade qui, pour être normal, n'en est pas moins rare. Le végétal issu de la graine mutilée revient donc non pas à la première forme A (à bourgeon terminal caulinaire) du témoin, mais à la seconde forme (B) (sans bourgeon terminal caulinaire). Cet arrêt dans l'évolution est tel que, même au sommet de la plante, le nombre des folioles des feuilles est toujours plus petit chez les échantillons mutilés que chez les témoins.

3° De provoquer dans presque tous les organes foliaires — surtout à la base — une dissymétrie frappante dans la taille et la disposition des organes.

Cette dissymétrie atteint particulièrement les stipules qui, tant par leur forme que par leur nombre, sont très différentes de celles des échantillons témoins. En particulier, il importe de noter à cet égard deux faits saillants :

a) Disposition anormale des stipules au premier nœud qui, très souvent, portent à leur extrémité proximale une foliole différente au point de vue morphologique des folioles normales du *Cicer*.

b) Forme et disposition des stipules isolées au niveau desquelles les feuilles ne sont pas développées.

4° De modifier l'arrangement des folioles sur le pétiole.

Cette modification se manifeste de deux manières différentes :

a) Chez les témoins, la forme imparipennée est la règle ; la forme paripennée, au contraire, est l'exception.

Chez les échantillons mutilés, c'est la forme paripennée qui, par suite de l'avortement d'une foliole terminale ou subterminale est assez fréquente. La forme imparipennée ou bien est exceptionnelle à la base, ou bien ne se produit que tardivement aux dernières feuilles.

b) Chez les témoins, l'opposition est la règle, même dans les cas les plus défavorables. Chez les exemplaires mutilés, l'alternance des folioles est de beaucoup la plus fréquente.

5° De provoquer, au point de vue anatomique, des irrégularités remarquables dans tous les organes au moins à la base de la plante.

6° De réduire considérablement l'appareil vasculaire tant au point de vue de la taille que du nombre des vaisseaux conducteurs de la sève.

Quatrième lot : Les deux cotylédons restant en place, la gemmule supprimée au-dessus de l'insertion des cotylédons. — Les résultats présentent dans cette série une grande analogie avec ceux de la série précédente. Aussi, j'étudierai brièvement un seul exemplaire que j'ai appelé G.

Trois semaines après le semis il était né un rameau à l'aisselle de chaque cotylédon.

L'un des rameaux axillaires portait cinq feuilles et l'autre quatre. Toutes ces feuilles étaient dépourvues de rameau axillaire.

La première feuille de base de chacun de ces rameaux cotylédonaires était pétiolée et unifoliolée. La foliole unique était cordiforme et non dentée. Les stipules de ces premiers nœuds simples et non dentées étaient soudées à leur base.

Le nombre des folioles des feuilles de chaque rameau était successivement :

	1er Rameau.	2e Rameau.
1re feuille....	1 foliole cordiforme.	1 foliole cordiforme.
2e —	5 folioles normales.	2 folioles.
3e —	8 folioles (3 insérées ensemble au 1er nœud du pétiole).	7 folioles nettement alternes.
4e —	8 folioles.	9 folioles (les unes alternes, les autres opposées).
5e —	9 folioles.	9 folioles.

Conclusions. — L'opération a eu pour résultats :
1° De provoquer la naissance de rameaux cotylédonaires;
2° De retarder la plurifoliation ;
3° De déterminer la dissymétrie de tous les organes;
4° De modifier l'arrangement des folioles sur le pétiole;
5° De réduire l'appareil vasculaire.

4° Faba vulgaris (var. *major*).

Premier lot : Échantillons témoins. — Deux semaines après le semis, un échantillon moyen choisi parmi les témoins avait une hauteur de 150 millimètres. Il portait cinq feuilles, savoir : à la base, les deux feuilles séminales, et au-dessus trois feuilles pétiolées. Les deux feuilles séminales étaient écailleuses. Les autres étaient bifoliolées et bistipulées. Les feuilles séminales, dont la longueur était en moyenne de 10 millimètres, étaient sessiles et constituées par trois dents très peu accentuées.

Le pétiole de la première feuille normale était long de 10 millimètres. Il portait à sa base deux stipules allongées, simples, non dentées, de 15 millimètres de longueur. Les deux folioles égales extrêmement fortes et épaisses avaient 45 millimètres de longueur et autant de largeur.

La deuxième feuille pétiolée, dont le pétiole avait 13 millimètres de longueur, avait deux folioles à limbe simple et non denté de 50 millimètres de longueur. Les stipules fortes et larges avaient 15 millimètres. Elles étaient terminées à leur extrémité proximale par une pointe très aiguë et étaient, au contraire, nettement arrondies à leur base. Entre les

deux folioles était inséré un organe impair légèrement aplati, presque filiforme de 5 millimètres de longueur.

La troisième feuille pétiolée de forme analogue à la précédente était moins développée.

Enfin, la tige très robuste, presque quadrangulaire, avait, au-dessous de la première feuille normale, un diamètre de 8 millimètres.



Fig. 28. — *Faba vulgaris* (var. *major*) (témoin de quinze jours). — *bg*, bourgeon terminal; *fs*, feuille séminale; *cot*, cotylédons (gr. nat.).

Parfois les premières feuilles de ces rameaux axillaires étaient d'aspect écailleux, mais ce fait était dû simplement à un avortement du pétiole réduit à une petite dent. Ce pétiole se raccordait avec la tige exactement comme une feuille pétiolée normale. Contrairement à l'opinion de M. Massart [28] et de M. Gœbel [13], il n'y a donc en réalité *pas de feuilles séminales à la base des rameaux axillaires* (V. p. 361).

Chez le *Faba major*, les rameaux axillaires sont, même à la base, généralement assez rares. En tout cas, leur développement est toujours extrêmement restreint. Je n'ai d'ailleurs constaté qu'une seule fois, dans mes semis, l'existence d'un rameau cotylédonaire.

Deuxième lot : Un cotylédon enlevé avant le semis. Gemmule intacte. — J'examinerai successivement deux exemplaires C et B, également intéressants :

1° *Échantillon C.* — Deux semaines après le semis, la hauteur de l'axe principal était de 110 millimètres, c'est-à-

dire environ un tiers plus faible que celle des témoins. Son diamètre au-dessous de la première feuille normale était de 4 millimètres (témoins : 8 millimètres) (fig. 29).

La première feuille séminale (*1re fs*), d'aspect écailleux. était étroitement appliquée contre la tige. Elle était sessile, simple et à peine tridentée. Sa longueur était de 9 millimètres. Elle était d'ailleurs beaucoup moins épaisse que la première feuille séminale des échantillons témoins.

La deuxième feuille séminale (*2e fs*) avait trois dents très inégales. La plus forte, située du côté du cotylédon resté, avait 8 millimètres de longueur. Elle présentait une grande analogie avec une stipule normale. La dent médiane filiforme avait 4 millimètres de longueur. Quant à la troisième. située du côté du cotylédon enlevé, elle était réduite à une petite proéminence filiforme de 2 millimètres de longueur.

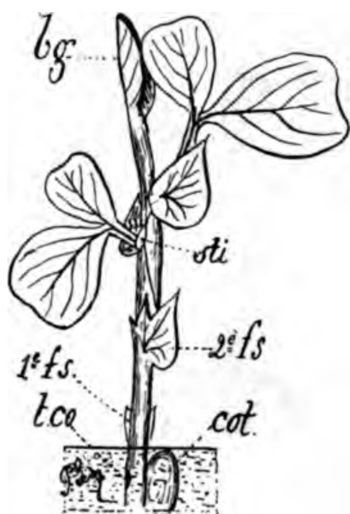


Fig. 29. — *Faba vulgaris* (var. *major*) (2e lot : un cotylédon enlevé, gemmule intacte ; exemplaire C). — *bg*, bourgeon terminal ; *sti*, stipule : *1re fs*, *2e fs*, feuilles séminales ; *cot*, cotylédon resté ; *tco*, trace du cotylédon enlevé (gr. nat.).

La troisième feuille était bifoliolée, mais de ses deux folioles, l'une était un tiers plus développée que l'autre, et sa longueur était de 30 millimètres (témoin : 45 millimètres). Elle portait à sa base deux stipules très inégales. La plus forte était presque normale. L'autre. de forme elliptique, à peine différenciée et sans trace de nervation ou de dentelure n'avait que 5 millimètres de longueur (*sti*, fig. 29).

La quatrième feuille portait deux folioles très inégales. Elle était pourvue à la base du pétiole d'une stipule unique très forte, de 30 millimètres de longueur et de même forme qu'une stipule normale.

Au-dessus était situé le bourgeon terminal (*bg*).

2° *Échantillon C*. — Deux semaines après le semis, la hauteur totale de la plante était de 100 millimètres. Le diamètre de la tige était au-dessous de la première feuille normale de 3 millimètres (fig. 30).

La première feuille séminale étroite et longue de 15 millimètres (*1*, *fs*), à nervures assez accentuées, portait à son extrémité terminale trois petites dents égales. Elle était pourvue à son aisselle de deux rameaux, l'un de 2 millimètres, l'autre de 40 millimètres de longueur. Ce dernier avait deux feuilles. La première feuille unifoliolée, de 3 millimètres de longueur sur 2 de largeur, était légèrement pétiolée. L'une de ses deux stipules était très développée, l'autre était très réduite.

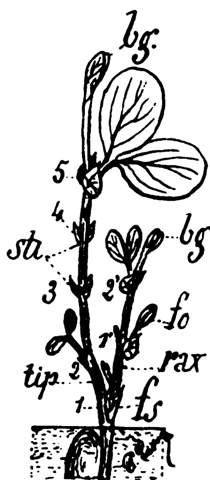


Fig. 30. — *Faba vulgaris* (var. *major*) (2e lot : exemplaire B). — *fs*, feuille séminale; *rax*, rameau axillaire; *fo*, foliole; *sti*, stipule; *bg*, bourgeon terminal; *tip*, tige principale; 1, 2, 3, 4, 5, feuilles successives de la tige principale; 1', 2', feuilles du rameau axillaire (gr. nat.).

La seconde feuille de ce rameau était constituée par deux petites folioles d'un centimètre de longueur et ses stipules étaient également réduites.

La deuxième feuille séminale sur la tige était réduite à deux petits lobes latéraux à l'aisselle desquels s'était développé un petit rameau de 10 millimètres de longueur (*2*, fig. 30).

La première et la deuxième feuille pétiolées de la tige insérées par suite aux troisième et quatrième nœuds étaient totalement avortées. Les stipules seules étaient légèrement développées en un lobe aigu à son extrémité proximale et à peine différencié (*3* et *4*, fig. 30).

Enfin la troisième feuille normale était bistipulée et bifoliolée, mais les limbes foliaires et stipulaires avaient une taille beaucoup plus petite que ceux des témoins (*5*, fig. 30).

En résumé, cet exemplaire B diffère morphologiquement du premier et des témoins :

1° Par l'avortement complet de ses deux premières feuilles pétiolées.

2° Par la naissance de rameaux axillaires aux feuilles séminales. Or, ces rameaux axillaires présentent, comme la tige de cet échantillon B, des phénomènes de régression.

Enfin les différences anatomiques entre la tige des échantillons sectionnés et celle des témoins sont très sensibles. Je les résume dans le tableau suivant :

Structure de la tige des témoins (fig. 31).	*Structure de la tige des échantillons mutilés* (2e lot, fig. 32).
1. Écorce très réduite, moelle très développée.	1. Écorce plus développée, moelle plus réduite.
2. Vingt-cinq à trente faisceaux libéro-ligneux disséminés en assises peu profondes.	2. Huit à dix faisceaux disséminés et très faibles. Le plus souvent chaque faisceau ne renferme qu'un à trois vaisseaux ligneux.
3. Vaisseau du bois de très grand diamètre.	3. Vaisseaux du bois de diamètre très réduit et à peine plus larges que les vaisseaux libériens.
4. Assise génératrice très développée et presque ininterrompue.	4. Assise génératrice réduite à quelques rangées de cellules peu différenciées et situées uniquement au niveau des faisceaux. Le cloisonnement des cellules libériennes s'effectue dans tous les sens.
5. Liber très abondant.	5. Liber peu abondant. Les faisceaux libéro-ligneux les plus gros sont ceux qui sont situés dans l'écorce, et leur importance est sensiblement la même que chez les témoins.

Enfin les limbes foliaires des échantillons mutilés diffèrent simplement de ceux des témoins par leur épaisseur plus forte. La différenciation en palissades et en lacunes s'est effectuée à peu près de la même manière.

D'ailleurs les différences d'ordre morphologique sont aussi très sensibles. Par exemple, les coupes transversales pratiquées dans les limbes foliaires montrent que l'impor-

tance des nervures est beaucoup plus faible chez les échantillons mutilés que chez les témoins. La deuxième feuille pétiolée du témoin a dans sa région médiane trois nervures extrêmement fortes, celle du milieu ayant une épaisseur double de celle du limbe (fig. 33). Chez les rameaux axillaires des témoins, la nervure médiane est encore très saillante et les deux nervures latérales le sont moins (fig. 34).

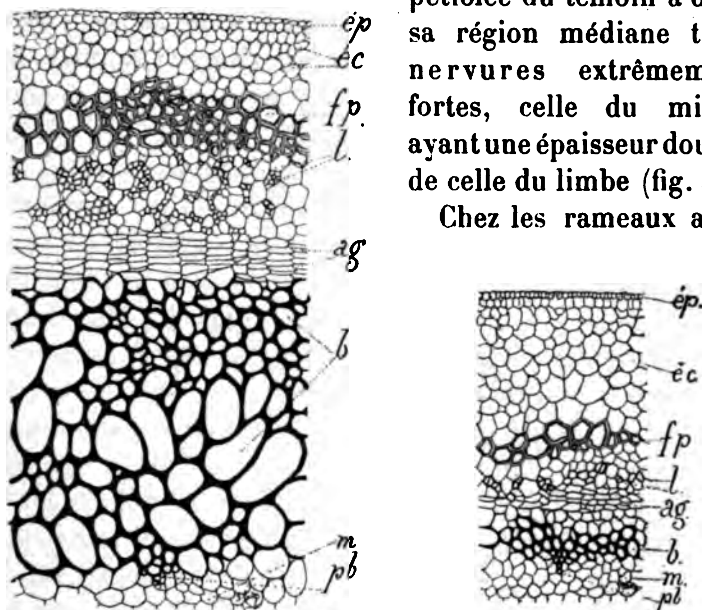


Fig. 31 et 32. — *Faba vulgaris* (var. *major*). — Comparaison dans le troisième entre-nœud d'un faisceau libéro-ligneux de la tige. — A gauche, chez le témoin; à droite, chez un échantillon sectionné du deuxième lot (du même âge); *l*, liber; *ag*, assise génératrice; *b*, bois; *pb*, pôle ligneux; *m*, moelle; *éc*, cellules corticales (gr. 200).

Dans les limbes foliaires des échantillons mutilés ou bien les nervures sont totalement absentes (au 1er nœud) (fig. 36) ou bien elles sont légèrement saillantes (au 2e nœud) (fig. 35).

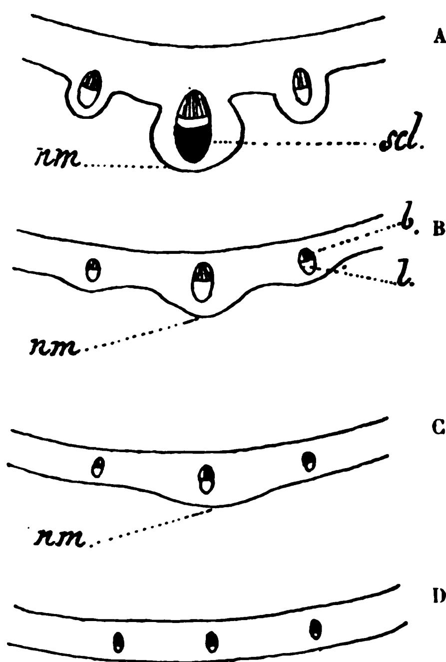
Conclusions. — L'ablation d'un cotylédon avant le semis a eu pour résultats chez le *Faba vulgaris* (var. *major*) :

1° De provoquer la naissance d'organes, tous de taille plus réduite que les organes correspondants des témoins;

2° De provoquer dans le développement de tous les organes (tige, feuilles, stipules) des irrégularités très grandes au point de vue du mode d'insertion ou de la taille;

3° De déterminer l'accroissement plus grand de l'écorce et de réduire, au contraire, d'une façon notable, l'importance du système vasculaire.

Troisième lot : Un cotylédon enlevé avant le semis. Gemmule sectionnée au-dessus de son insertion sur les cotylédons.



Faba vulgaris (var. *major*).

Fig. 33 à 36. — Comparaison des nervures des limbes foliaires. (Coupe transversale des limbes au niveau de la nervure médiane.)

A, limbe de la deuxième feuille pétiolée de la tige d'un témoin. — B, limbe de la deuxième feuille pétiolée d'un rameau axillaire d'un témoin. — C, limbe de la deuxième feuille pétiolée d'un rameau axillaire d'un échantillon sectionné du deuxième lot. — D, limbe de la première feuille du même rameau du deuxième lot. — *nm*, nervure médiane; *b*, bois; *l*, liber; *scl*, sclérenchyme (gr. 6).

— Deux semaines après le semis, la hauteur de la plante était de 90 millimètres (témoin : 150 millimètres).

Deux rameaux étaient nés à la base de l'axe principal : l'un à l'aisselle du cotylédon resté, l'autre à l'aisselle du cotylédon enlevé. Le rameau né à l'aisselle du cotylédon

enlevé était de moitié plus court que l'autre. Néanmoins il portait comme lui deux feuilles seulement. La première feuille très petite était constituée par trois lobes aigus presque égaux. Cette feuille écailleuse avait aussi l'aspect d'une feuille séminale, mais elle en différait en ce que les faisceaux qui alimentent les deux lobes latéraux correspondant aux stipules se raccordaient avec les faisceaux situés dans l'écorce *comme dans une feuille normale pétiolée* et non pas comme dans une feuille séminale. Ainsi, au point de vue morphologique, elle ressemblait à une feuille séminale, mais au point de vue anatomique elle se rapprochait d'une feuille normale pétiolée.

Par suite des sectionnements, les feuilles séminales qui, chez les témoins, suivent immédiatement les cotylédons, n'apparaissent jamais ni sur la tige, ni même sur les rameaux cotylédonaires aux nœuds qui, normalement, doivent porter des feuilles pétiolées.

La forme (feuille écailleuse) est donc exclusivement localisée sur l'embryon.

La deuxième feuille, franchement normale, était bifoliolée et bistipulée. Les limbes foliaires et stipulaires quoique beaucoup plus réduits que ceux des témoins présentaient néanmoins avec eux une grande analogie tant sous le rapport morphologique que sous le rapport anatomique.

Le rameau né à l'aisselle du cotylédon resté avait un diamètre un peu plus fort que l'autre.

La première feuille de base portait une foliole allongée de 23 millimètres de longueur, et une autre foliole filiforme de 4 millimètres de longueur. Le pétiole court était muni à sa base de deux stipules allongées, simples, non dentées, d'une largeur de 8 millimètres et de taille égale.

La deuxième feuille était bifoliolée et bistipulée. Les limbes foliaires étaient très inégaux, tandis que les limbes stipulaires étaient de même dimension.

Un autre exemplaire (exemplaire E) de ce même lot

s'était développé beaucoup plus difficilement encore que le précédent. Chacun de ses deux rameaux cotylédonaires très réduit ne portait qu'une feuille, et la hauteur de l'appareil végétatif n'était que de 40 millimètres, à peine le quart de celle des témoins.

Le rameau situé du côté du cotylédon resté n'avait qu'une feuille unistipulée à deux folioles très inégales.

Le rameau situé du côté du cotylédon enlevé ne portait également qu'une feuille, mais celle-ci était bistipulée et unifoliolée.

Or, les coupes anatomiques m'ont révélé la présence, dans ce rameau, de trois faisceaux situés dans l'écorce, au lieu de deux qu'on trouve toujours chez les témoins.

Cette circonstance tient à ce qu'à peu de distance au-dessous du nœud unique un faisceau de l'anneau libéro-ligneux avait commencé à sortir dans une feuille. Mais les deux faisceaux situés normalement dans l'écorce n'ayant pas envoyé de ramification du côté de ce faisceau foliaire, le développement de la feuille a été arrêté et ce faisceau foliaire est resté dans l'écorce. D'ailleurs aucune différence extérieure ne décelait cette différenciation. C'est là un nouvel exemple du trouble profond que la mutilation a apporté au développement de l'appareil végétatif.

Les coupes transversales pratiquées à divers niveaux m'ont montré que ces rameaux présentent par rapport aux rameaux des témoins des différences de même ordre que celles que j'ai constatées dans les plantes du deuxième lot. Je les résumerai comme il suit :

1. Écorce plus réduite que chez les témoins;
2. Cellules de parenchyme plus petites;
3. Bois et liber moins abondants;
4. Assise génératrice moins différenciée ;
5. Noyaux cellulaires extrêmement volumineux.

Structure de la portion de gemmule restée. — Il n'est pas sans intérêt de rechercher quelle est la structure de la portion de gemmule restée au-dessous des cotylédons.

Les coupes transversales de cet organe m'ont montré que la portion de la gemmule, située entre la section et les cotylédons, diffère de la région homologue de la tige des témoins :

1° Par son écorce très épaisse. Ainsi, chez les témoins, au-dessous de la première feuille, l'écorce de la tige est très réduite. Dans la portion de gemmule restée, au contraire, l'écorce est très développée (trois ou quatre fois plus que dans la tige de témoins) (fig. 37 et 38).

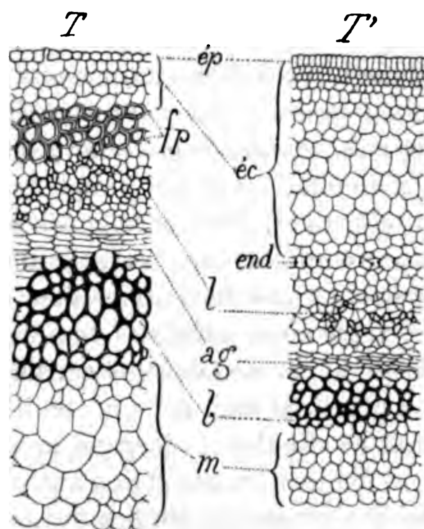


Fig. 37 et 38. — *Faba vulgaris* (var. *major*). — Coupe transversale de la tige principale un peu au-dessus de l'insertion des cotylédons. — T, chez le témoin ; T', chez un échantillon sectionné du troisième lot (un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée) et du même âge : *ép*, épiderme ; *éc*, écorce ; *end*, endoderme ; *fp*, fibres péricycliques ; *l*, liber ; *ag*, assise génératrice ; *b*, bois ; *m*, moelle (gr. 200).

2° Par l'absence complète de sclérenchyme ;

3° Par la taille plus petite de toutes les cellules, sauf celles de l'écorce ;

4° Par une grande réduction du nombre et de la taille des vaisseaux du bois. On distingue encore nettement, dans cette portion de gemmule, huit faisceaux libéro-ligneux, mais le nombre des vaisseaux ligneux de chacun d'eux est beaucoup plus faible que dans la tige des témoins au même niveau. De plus, le diamètre de ces vaisseaux est à peine plus grand que celui des vaisseaux libériens.

L'assise génératrice était peu différenciée. Les cloisonnements des cellules libériennes se sont effectués dans toutes les directions. Pourtant, les deux faisceaux situés dans l'écorce ont, à peu près, la même importance que chez les

témoins. Leur bois est aussi abondant et il est séparé du liber par une assise génératrice plus nette que dans les faisceaux de l'anneau libéro-ligneux.

5° Par la présence d'un endoderme beaucoup plus développé que chez les témoins.

En résumé, cette portion de gemmule restée au-dessous de la section est, au point de vue anatomique, comparable à la gemmule de l'embryon d'un témoin et non à la tige du témoin considérée au-dessous de sa première feuille.

Quatrième lot : Les deux cotylédons restant en place, la gemmule a été supprimée au-dessus de l'insertion des cotylédons. — La gemmule, ayant été simplement altérée à son sommet par le scalpel, s'est développée légèrement. Elle portait à son extrémité terminale une feuille écailleuse unique à trois lobes tout à fait inégaux et dont la forme ne rappelait que très vaguement celle des feuilles séminales des témoins. Presque au même niveau et sur une génératrice opposée, sur l'axe principal était née une feuille unifoliolée dépourvue à la fois de stipules et d'organe impair. Le limbe de cette première feuille normale était d'ailleurs beaucoup plus petit que celui des premières feuilles des témoins (27 millimètres au lieu de 45). A l'aisselle de chaque cotylédon était né un rameau peu développé. L'un de ces rameaux portait à son sommet une feuille unifoliolée à côté d'un petit rudiment de foliole. Cette feuille était à sa base munie d'une paire de stipules normales non dentées.

L'autre rameau portait deux feuilles bifoliolées et bistipulées, et les stipules du premier nœud étaient très inégales.

Conclusions concernant les expériences du troisième lot et du quatrième lot. — En résumé, chez le *Faba vulgaris* (var. *major*) le sectionnement de la gemmule au-dessus de l'insertion des cotylédons a eu pour résultats :

1° De provoquer la naissance de rameaux axillaires cotylédonaires, qui, normalement, ne se développent que très rarement chez les témoins. Ces rameaux ont remplacé la

tige, mais leur développement a toujours été beaucoup plus faible que la tige des témoins. Le nombre des feuilles lui-même a été, dans tous les cas, beaucoup moindre.

2° De déterminer dans la forme, le mode d'insertion et les dimensions des différentes parties de l'appareil végétatif, des anomalies caractéristiques qu'on ne constate jamais chez les témoins.

3° De réduire notablement le système vasculaire et de provoquer parfois dans la disposition des éléments conducteurs de la sève des irrégularités très nettes.

Enfin en aucun cas la gemmule n'a été régénérée non plus que les feuilles séminales.

D'ailleurs, les organes sur lesquels la réduction est minima sont précisément les stipules, et nous avons remarqué, d'autre part, que les faisceaux externes à l'anneau libéro-ligneux qui les alimentent, sont aussi ceux dont l'importance est peu atténuée par la mutilation.

5° Lupinus Crukshanksii.

Premier lot : Témoins. — Trois semaines après le semis, la hauteur totale d'un échantillon moyen était de 125 millimètres. L'axe hypocotylé avait une hauteur de 50 millimètres. Les deux cotylédons, très vigoureux, s'étaient largement accrus. Ils étaient charnus, d'un vert foncé, sans trace apparente de nervation, et leurs dimensions communes étaient de 24 × 20 millimètres. Au-dessus, la tige portait quatre feuilles.

La première feuille, séparée du nœud cotylédonaire par un entre-nœud de 15 millimètres, était pentafoliolée et stipulée. Son pétiole avait 25 millimètres de longueur et sa foliole la plus longue 22 × 6 millimètres.

Le deuxième entre-nœud avait 9 millimètres de longueur. La deuxième feuille portait sept folioles en éventail presque égales. Les deux latérales étant un peu plus réduites. La plus longue des sept, située au milieu des

autres, avait 30 × 7 millimètres et le pétiole commun avait 24 millimètres.

La troisième feuille, séparée de la précédente par un entre-nœud de 10 millimètres, portait neuf folioles moins développées que celles de la feuille précédente, et la plus longue n'avait que 13 × 3 millimètres.

Enfin, la quatrième feuille était également pourvue de neuf folioles. Au-dessus, on remarquait le bourgeon terminal.

En résumé, le nombre des folioles, toujours impair, suit une progression arithmétique dont la raison est 2. De plus, dans chaque feuille, la foliole médiane est généralement la plus grande et la longueur des folioles voisines est graduellement de plus en plus petite jusqu'aux folioles latérales. Ces folioles sont ainsi disposées symétriquement en éventail.

Deuxième lot : Un cotylédon enlevé. Gemmule intacte. — Les échantillons mutilés peuvent être ramenés à deux formes principales : l'une que j'appellerai A, l'autre B.

1° *Étude de la forme A.* — La plante, portant deux feuilles seulement, avait 50 millimètres de hauteur (témoin : 125 millimètres). L'axe hypocotylé avait 20 millimètres seulement de longueur. Le cotylédon resté s'était accru, mais l'ablation de l'autre cotylédon avait exercé une certaine influence sur son développement. Ses dimensions, en effet, n'étaient que 20 × 13 millimètres. Son aspect était souffreteux. Cela tient à ce que chez le *L. Crukshanksii*, les cotylédons, étant pourvus d'un appareil assimilateur assez important (palissades ventrales, lacunes dorsales), s'accroissent après la germination comme une feuille normale. L'ablation d'un cotylédon a donc restreint, dans une assez grande proportion, le phénomène de l'assimilation et, par suite, l'accroissement des diverses parties de la plante.

La première feuille, séparée des cotylédons par un entre-nœud de 12 millimètres (témoin : 15 millimètres), portait quatre folioles seulement et le pétiole avait 20 millimètres

(témoin : 25 millimètres). De ces quatre folioles, l'une était plus grande que les autres et ses dimensions étaient de 14 × 4 millimètres, la plus petite mesurait au contraire 5 × 2 millimètres.

Le deuxième entre-nœud avait 5 millimètres de longueur. La deuxième feuille avait cinq folioles très inégales, la plus grande mesurait 8 × 2 millimètres, la plus petite 4 × 1 millimètres. De plus, il n'y avait pas gradation entre les dimensions des folioles voisines. La feuille n'était donc pas symétrique comme chez les témoins.

Au-dessus se trouvait le bourgeon terminal très grêle.

2° *Étude de la forme B.* — L'exemplaire B ne portait aussi que deux feuilles, et le nombre des folioles de chacune d'elles était le même que chez le témoin, mais ces folioles étaient caractérisées par des inégalités encore plus frappantes que dans l'échantillon A.

Ainsi la première feuille à pétiole grêle de 8 millimètres de longueur présentait cinq folioles, dont les longueurs étaient respectivement : 12, 8, 9, 3 et 6 millimètres, à partir d'une foliole latérale.

La deuxième feuille, ayant un pétiole de 10 millimètres, portait sept folioles placées en éventail, ayant successivement, à partir d'une des folioles latérales ; 4, 2, 7, 14, 2, 8, 5 millimètres : une foliole très longue pouvant être placée à côté soit d'une feuille de taille moyenne, soit d'une autre très réduite. La dissymétrie était donc très nette.

Conclusions. — L'ablation d'un cotylédon de *L. Crukshanksii* a eu pour résultats :

1° De réduire d'une façon notable les dimensions des différentes parties de l'appareil végétatif;

2° De déterminer des irrégularités frappantes dans la disposition et les dimensions des organes foliaires;

3° De diminuer le nombre des feuilles et de leurs folioles.

Troisième lot : Un cotylédon enlevé, gemmule supprimée au-dessus de l'insertion des cotylédons. — La hauteur de la

plante au-dessus du sol était, trois semaines après le semis, de 63 millimètres. L'axe hypocotylé n'avait que 18 millimètres (témoin : 50 millimètres).

La première feuille, séparée des cotylédons par une longueur de 10 millimètres, avait un pétiole de 15 millimètres de longueur. Elle portait quatre folioles inégales dont la plus grande avait 16 × 4 millimètres. Au voisinage immédiat de l'insertion des folioles sur le pétiole, on constatait la présence de deux petits prolongements filiformes, ayant à peine un demi-millimètre, qui n'étaient que des folioles avortées.

La deuxième feuille, à pétiole très grêle, de 10 millimètres de longueur, portait six folioles inégales dont la plus grande avait 8 × 2 millimètres. Au-dessus de cette deuxième feuille était situé un bourgeon terminal à peine visible.

Conclusions. — Identiques à celles du deuxième lot.

Quatrième lot : Les deux cotylédons restant en place, gemmule sectionnée au-dessus de l'insertion des cotylédons. — Les sections pratiquées de l'extérieur de la graine sont assez délicates, en ce sens qu'on ne peut jamais affirmer — surtout quand l'embryon est courbé — à quel endroit précis la gemmule a été coupée. Dans le plus grand nombre des exemplaires expérimentés, la tigelle avait été simplement endommagée par la pointe du scalpel. Pourtant, cette seule lésion a suffi pour troubler le développement de la plante, et c'est à ce titre que je crois devoir donner les résultats obtenus sur un échantillon de taille moyenne choisi dans le semis.

Des deux cotylédons, l'un seulement s'était développé à peu près normalement. L'autre s'accrut à peine.

La hauteur totale de cet échantillon était de 100 millimètres au-dessus du sol et celle de l'axe hypocotylé — au bout de trois semaines de végétation — était de 35 millimètres.

La première feuille portait cinq folioles, dont trois surtout, situées dans la région médiane, étaient plus développées que les autres. La plus grande de ces folioles ayant

17 × 4 millimètres, chacune des deux petites, situées latéralement, avait 4 × 2 millimètres.

Quant aux autres feuilles elles présentaient respectivement :

La deuxième, six folioles ;

La troisième et la quatrième, sept folioles.

Je constatai des irrégularités semblables chez tous les exemplaires mutilés de ce lot.

Conclusions. — Les échantillons lésés, semés en même temps et dans les mêmes conditions que les témoins, différaient donc de ces derniers :

1° Par une diminution de la taille des différentes parties (entre-nœuds, pétioles et limbes) ;

2° Par une diminution du nombre des feuilles et des folioles ;

3° Par des inégalités dans la disposition des organes foliaires.

Cinquième lot : Deux cotylédons enlevés. Gemmule plantée seule. Aucune levée.

6° Robinia Pseudacacia.

La graine étant assez petite je n'ai pu réussir que les expériences du deuxième lot.

Premier lot : Exemplaires témoins. — Un mois après le semis, la hauteur totale d'un échantillon moyen était de 65 millimètres (fig. 39). L'axe hypocotylé avait 25 millimètres de longueur. Les cotylédons d'un vert foncé, légèrement pétiolés, étaient pourvus d'un limbe épais de 20 × 11 millimètres. Le premier entre-nœud, immédiatement au-dessus des cotylédons, avait 7 millimètres de longueur et le suivant, 6 millimètres. Ce témoin portait trois feuilles. La première était unifololiée. Le pétiole, de 10 millimètres de longueur, était pourvu d'un limbe plus large que long de 16 × 18 millimètres et légèrement échancré au sommet de la nervure médiane.

La deuxième feuille, étant trifoliolée, avait une longueur

totale de 34 millimètres. La foliole impaire orbiculaire avait 14 × 15 millimètres. Les folioles latérales égales et plus allongées que la foliole impaire mesuraient 12 × 7 millimètres.

La troisième feuille était pentafoliolée mais n'était pas, à cette date, complètement développée. Sa longueur était alors de 18 millimètres.

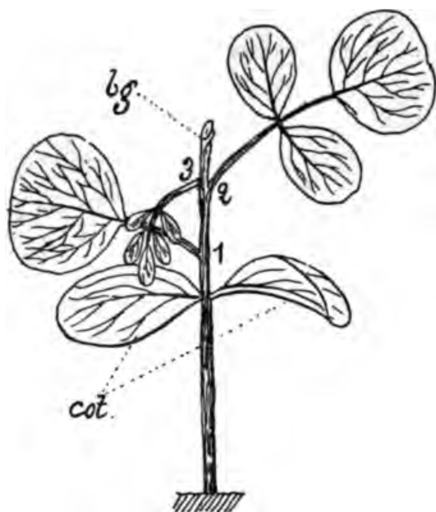


Fig. 39. — *Robinia Pseudacacia* (témoin de trente jours). — *cot*, cotylédons ; *bg*, bourgeon terminal (gr. nat.).

Au-dessus était le bourgeon terminal.

Je crois devoir ajouter que dans des observations antérieures, j'ai constaté que la première feuille, étant constamment unifoliolée, les deux suivantes étaient trifoliolées et les deux suivantes pentafoliolées. Ainsi le nombre des folioles suit généralement une progression arithmétique dont la raison est 2.

Deuxième lot : Un cotylédon enlevé, gemmule intacte. — Un mois après le semis, les exemplaires mutilés pouvaient être ramenés à deux formes distinctes. Chez les uns (première forme, A), la première feuille était avortée, mais il était né sur la tige deux feuilles trifoliolées. Chez les autres (deuxième forme, B) les deux premières feuilles étaient unifoliolées.

Étude de la première forme (A). — Le cotylédon resté s'était péniblement développé. Ses dimensions étaient 11 × 6 millimètres (témoin : 20 × 11 millimètres).

L'axe hypocotylé avait 17 millimètres de longueur. La hauteur totale de la plante était 20 millimètres (témoin : 65 millimètres) (fig. 40).

La première feuille, séparée des cotylédons par un court

entre-nœud, de 2 millimètres à peine, était réduite à un petit prolongement filiforme de 1 millimètre de longueur.

La deuxième feuille, distante de 3 millimètres de la précédente, était trifoliolée. Son pétiole avait 4 millimètres de longueur, et la longueur totale de cette feuille était de 10 millimètres (témoin : 34 millimètres). La foliole impaire, légèrement plus développée que les deux latérales, mesurait seulement 4 × 3 millimètres (témoin : 14 × 13 millimètres).

La troisième feuille trifoliolée, située presque immédiadiatement au-dessus de la seconde, n'avait que 8 millimètres de longueur (témoin : 18 millimètres) et sa foliole impaire mesurait 3 × 2 millimètres. Les deux autres étaient plus petites.

Étude de la deuxième forme (B). — L'axe hypocotylé avait 16 millimètres au-dessus du sol. La hauteur totale était de 31 millimètres (témoin : 65 millimètres) (fig. 41).

La première feuille unifoliolée, très échancrée au sommet et à limbe élargi (9 × 6 millimètres), présentait plus de ressemblance avec la première feuille unifoliolée d'une plante du genre *Trifolium* qu'avec la première feuille d'un *Robinia*. Elle était séparée du nœud cotylédonaire par un très court entre-nœud de 5 millimètres de long.

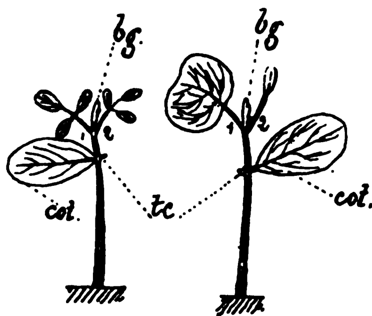


Fig. 40 et 41. — *Robinia Pseudacacia* (2e lot : un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée ; exemplaire de trente jours) ; à gauche ex. A, à droite ex. B. — *cot*, cotylédon resté ; *tc*, trace du cotylédon enlevé ; *bg*, bourgeon terminal (gr. nat.). (La 1re feuille avortée de la figure 40 n'est pas représentée.)

La seconde également unifoliolée était très rudimentaire.

Au-dessus d'elle était le bourgeon terminal très faible.

Conclusions. — L'ablation d'un cotylédon du *Robinia Pseudacacia* a eu pour résultats :

1° De diminuer considérablement la taille des différentes parties de l'appareil végétatif (entre-nœuds, pétioles, limbes) ;

2° De réduire le nombre des feuilles et des folioles, la seconde feuille trifoliolée, par exemple, étant remplacée par une feuille trifoliolée plus petite ou bien étant absente; la troisième feuille pentafoliolée remplacée par une feuille trifoliolée ou même unifoliolée.

7° Pisum sativum.

Premier lot : Échantillon témoin. — La morphologie externe du *P. sativum* est trop connue pour que je la décrive

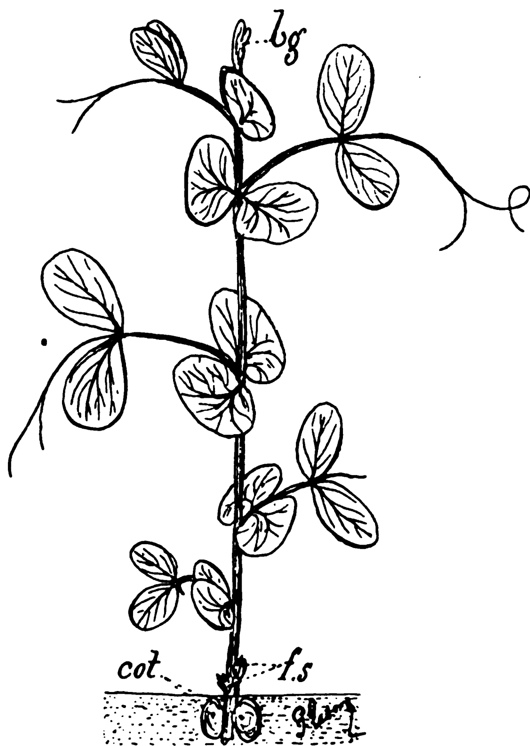


Fig. 42. — *Pisum sativum* (témoin de quinze jours). — *fs*, feuille séminale; *cot*, cotylédon resté; *bg*, bourgeon terminal (1/2 gr. nat.).

longuement. Je rappellerai simplement que les deux premières feuilles séminales sont, comme chez toutes les Viciées à cotylédons hypogés, sessiles et tridentées. Elles

portent à leur aisselle des rameaux courts et souvent pas développés (fig. 42). Les feuilles suivantes sont bifoliolées. Le limbe des folioles de la première paire est souvent circulaire, tous les suivants sont très peu échancrés au sommet. Entre les deux folioles de chaque feuille se trouve une vrille qui, d'abord courte et simple dans les feuilles de base, est aux feuilles suivantes beaucoup plus longue et bi- ou trifurquée. Les stipules de dimensions presque égales à celles des folioles sont toutes plus ou moins dressées, sensiblement elliptiques et la courbe du contour de l'extrémité terminale est de plus petit rayon que celle de la partie basilaire (fig. 42).

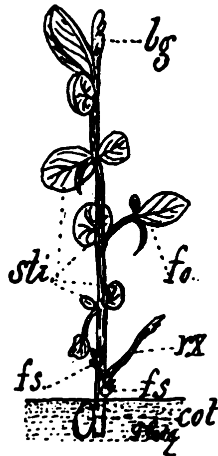


Fig. 43. — *Pisum sativum* (2e lot : échantillon A ; un cotylédon enlevé, gemmule intacte). Plante de quinze jours. — *fs*, feuille séminale ; *cot*, cotylédon resté ; *bg*, bourgeon terminal ; *rx*, rameau axillaire ; *sti*, stipule ; *fo*, foliole (1/2 gr. nat.).

Deuxième lot : Un cotylédon enlevé avant le semis, gemmule intacte. — Quinze jours après le semis, la hauteur totale des échantillons mutilés (fig. 43) variait entre 35 et 85 millimètres (témoins : 250 millimètres).

Les deux premières feuilles séminales (*fs*) étaient tridentées comme chez les témoins, mais plus petites. Les rameaux axillaires des feuilles séminales étaient, comme chez les témoins, peu développés. Les premières feuilles pétiolées caulinaires, jusqu'à la troisième généralement, étaient unifoliolées. Quelques exemplaires possédaient une ou deux feuilles bifoliolées, mais l'une des deux folioles toujours beaucoup plus petite que l'autre était parfois excessivement réduite. Ce phénomène constitue certainement un acheminement vers le stade unifoliolé. La forme des limbes foliaires était toujours irrégulière. Les uns étaient ovales, d'autres rectangulaires (3e feuille à partir de la base, fig. 43). Parfois aussi, ils étaient obtus au sommet (4e feuille, fig. 43), ou bien, le limbe foliaire, échancré plus ou

moins profondément à son extrémité terminale rappelait par son contour les folioles cordiformes des plantes du genre *Vicia*.

Les limbes stipulaires étaient aussi irréguliers dans leur forme. Généralement, l'une des deux stipules était ou complètement avortée ou beaucoup plus petite que l'autre. Parmi ces stipules, on ne distinguait pas moins de trois formes principales : ovalaire, circulaire ou demi-sagittée. Parfois, enfin, les stipules d'un nœud s'étaient seules développées et cet avortement complet de la feuille donnait à

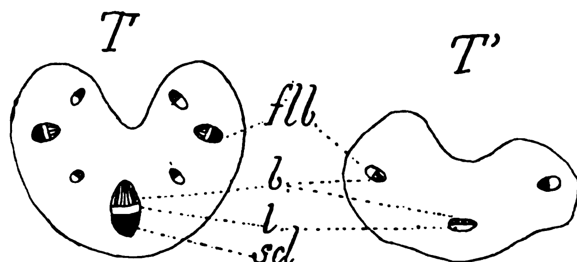


Fig. 44 et 45. — *Pisum sativum*. — Coupe transversale schématique du pétiole de la première feuille pétiolée de la tige. — T, chez le témoin ; T', chez un exemplaire mutilé du deuxième lot ; *flb*, faisceau libéro-ligneux ; *scl*, sclérenchyme *b*, bois ; *l*, liber (gr. 25).

l'ensemble une disposition analogue à celle d'une feuille du *Lathyrus Aphaca*.

Les vrilles étaient soit très réduites, soit absentes.

Enfin, à partir du quatrième nœud généralement, les limbes foliaires et stipulaires, quoique réduits, se rapprochaient beaucoup par leur forme et leur constance des organes homologues des témoins.

Anatomie. — Les différences anatomiques que présentent les échantillons mutilés avec les témoins sont nombreuses. Je les résumerai brièvement comme il suit :

1° Réduction considérable du système vasculaire. Vaisseaux libériens ou ligneux plus petits ou moins nombreux. Ainsi, le pétiole de la première feuille bifoliolée des témoins renfermait sept faisceaux dont trois très développés (fig. 44). Chez les échantillons mutilés, les trois faisceaux principaux seuls étaient restés (fig. 45).

Dans la tige, le cylindre central était chez les témoins disposé en un anneau libéro-ligneux puissant et continu (fig. 46, T), tandis que chez les échantillons mutilés, il était constam-

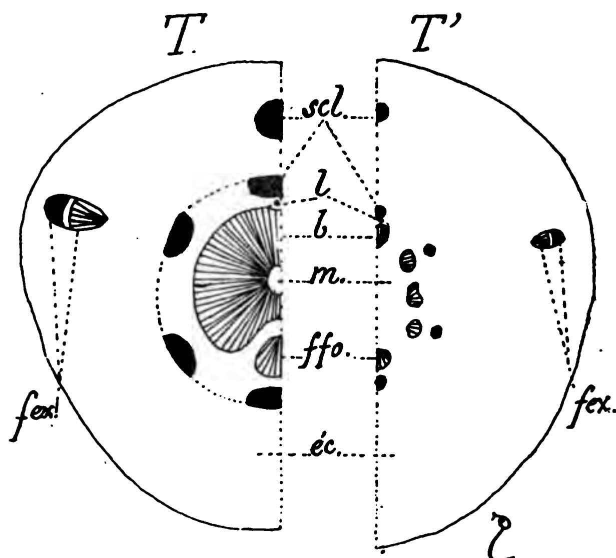


Fig. 46 et 47. — *Pisum sativum.* — Comparaison de la structure de la tige dans le premier entre-nœud au-dessus des cotylédons. — T, chez le témoin; T', chez une plante mutilée du deuxième lot. — *b*, bois; *l*, liber; *scl*, sclérenchyme: *m*, moelle; *fex*, faisceau externe; *éc*, écorce; *ffo*, faisceau foliaire se rendant à la première feuille séminale (gr. 200).

ment discontinu et peu développé (fig. 47, T'). Enfin, les vaisseaux du bois, beaucoup plus petits que chez les témoins, avaient un diamètre à peine supérieur à celui des vaisseaux libériens et l'assise génératrice interposée était très faible;

2° Écorce de la tige beaucoup plus développée que chez les témoins (fig. 46 et 47);

3° Cellules épidermiques irrégulières et plus petites que celles de l'épiderme des témoins;

4° Sclérenchyme et oxalate très réduits et le plus souvent nuls.

5° L'avortement de l'une des stipules aux premiers nœuds était généralement corrélatif de la soudure du pétiole correspondant avec la stipule non individualisée (fig. 48).

L'organe légèrement aplati résultant de cette soudure, morphologiquement analogue à un pétiole, dont il différait pourtant par la forme, était donc un organe intermédiaire entre la stipule et le pétiole. L'une de ses marges, en effet, était par la disposition de ses vaisseaux comparable à un limbe stipulaire (*rgl*, fig. 48). L'autre, au contraire, était pourvue d'un faisceau marginal orienté dans un plan perpendiculaire à celui du faisceau médian. Cette région était donc comparable à un pétiole (*rgp*, fig. 48). D'autre part, l'avortement des folioles était corrélatif de la faiblesse des faisceaux foliaires à ce niveau.

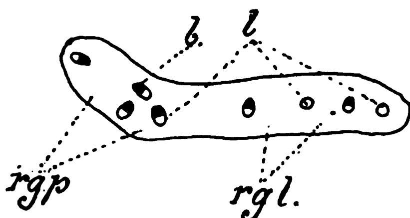


Fig. 48. — *Pisum sativum* (2e lot : un cotylédon enlevé, gemmule intacte. — *rgp*, région homologue d'un pétiole ; *rgl*, région homologue d'un limbe ; *b*, bois ; *l*, liber (gr. 25).

Il faut remarquer que même à partir du quatrième nœud, c'est-à-dire à un niveau auquel les différences morpholo-

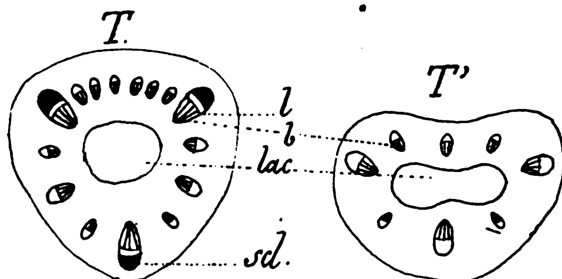


Fig. 49 et 50. — *Pisum sativum*. — Coupe transversale schématisée du pétiole de la quatrième feuille de la tige. — T, chez un témoin ; T', chez un exemplaire mutilé du deuxième lot ; *b*, bois ; *l*, liber ; *scl*, sclérenchyme ; *lac*, lacune centrale (gr. 25).

giques entre les échantillons mutilés et les témoins paraissaient s'atténuer, les irrégularités signalées plus haut étaient encore assez accusées. Le système vasculaire était toujours très réduit, et l'assise génératrice peu active. Ainsi, tandis que le pétiole de la quatrième feuille des témoins (fig. 49, T) possédait régulièrement trois grands faisceaux et douze

petits disposés en cycle fermé, le pétiole homologue de l'échantillon mutilé n'en avait que trois grands et cinq petits (fig. 50, T').

Conclusions. — L'ablation, avant le semis, d'un cotylédon du *Pisum sativum* a eu pour résultats :

1° De réduire la taille de toutes les parties de l'appareil végetatif ;

2° De réduire, au moins à la base de la tige, le nombre des folioles des feuilles, et de forcer la plante à passer par un stade unifoliolé ;

3° De provoquer sur la tige principale la naissance de folioles plus nettement cordiformes que chez les témoins ;

4° De déterminer — surtout à la base de la plante — des irrégularités très nettes d'ordre morphologique et anatomique dans le développement des organes foliaires ;

5° De supprimer presque complètement le développement des vrilles ;

6° De réduire considérablement le développement de l'appareil vasculaire et du tissu de soutien et de provoquer un accroissement de l'écorce de la tige.

Troisième lot : Un cotylédon enlevé. Gemmule supprimée au-dessus de l'insertion des cotylédons. — Deux semaines après le semis, il était né de chaque côté de la portion de gemmule restée un rameau cotylédonaire non ramifié, dirigé verticalement. Les variations de forme de l'appareil végétatif étant très nombreuses et toutes intéressantes, je me bornerai à la description de deux types principaux que j'avais dans mes semis appelés exemplaires A et D.

La présence de rameaux cotylédonaires est assez rare dans le genre *Pisum*. J'en ai obtenu un dans mes semis que j'ai appelé témoin R. Le rameau cotylédonaire de ce témoin R était d'ailleurs dépourvu de ramification. C'est donc à lui que je comparerai les diverses parties des rameaux cotylédonaires des échantillons mutilés A et D.

1° Exemplaire A.

Morphologie. — La partie basilaire de la gemmule restée au-dessous de la section avait simplement accru son diamètre. La gemmule n'a donc pas été régénérée, mais remplacée par deux rameaux cotylédonaires *non ramifiés* (fig. 51).

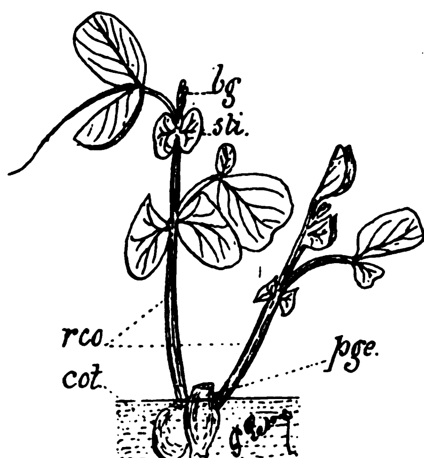


Fig. 51. — *Pisum sativum* (3e lot : échantillon A ; un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée). — *bg*, bourgeon ; *sti*, stipule ; *rco*, rameau cotylédonaire ; *pge*, portion de gemmule restée (1/2 gr. nat.).

Chacun de ces deux rameaux portait à cette date deux feuilles bifoliolées et bistipulées, mais la forme, la dimension et la structure des pétioles et des limbes foliaires étaient extrêmement variées, comme le montre le tableau suivant :

	1° *Rameau cotylédonaire, sorti le premier.*	2° *Rameau cotylédonaire, sorti le second.*
1re feuille.	Longueur du rameau, 45^{mm}.	Longueur du rameau, 35^{mm}.
	Stipules obtuses à l'extrémité supérieure, arrondies à l'extrémité basilaire et à insertion très courte.	Stipules lancéolées analogues à celles de *Vicia sativa*, et à insertion longue.
	Limbe stipulaire, 11×6^{mm}.	Limbe stipulaire, 4×2^{mm}.
	Une foliole cordiforme, 11×10^{mm}, et une fol. orbiculaire, $4 \times 2{,}5^{mm}$.	Une foliole rectangulaire, 10×5^{mm}, et une foliole cordiforme, 3×2^{mm}.
	Pas d'organe impair.	Un petit organe impair.
2e feuille.	Stipules allongées et inégales : L'une obtuse, $7 \times 2{,}5^{mm}$; l'autre arrondie.	Stipules toutes deux arrondies, et égales 5×3^{mm}.
	Deux folioles égales de 13×6^{mm}.	Deux folioles égales à peine épanouies.
	Une vrille de 15^{mm}.	Un organe impair de 2^{mm}.

Chez le témoin B, portant un rameau cotylédonaire,

également non ramifié, celui-ci était toujours très réduit et les bourgeons de ce rameau se sont à peine épanouis. Néanmoins je n'ai jamais constaté, soit sur ce rameau, soit sur la tige principale des témoins des variations de forme aussi considérables que celles qui sont spécifiées dans le tableau qui précède.

Anatomie. — Les deux rameaux cotylédonaires de l'échantillon mutilé A différaient seulement par leur diamètre, mais avaient tous deux la même structure. Je résume dans le tableau suivant les résultats de la comparaison des rameaux cotylédonaires de l'échantillon mutilé A et du témoin R.

Rameau cotylédonaire. (Témoin R.)	*Rameaux cotylédonaires de l'échantillon mutilé A.*
Sclérenchyme net, oxalate rare.	Sclérenchyme et oxalate nuls.
Assise génératrice, liber et bois en anneau discontinu.	Assise génératrice, liber et bois en anneau discontinu.
Six faisceaux libéro-ligneux peu puissants mais très nets; quatre d'entre eux sont plus forts, savoir : deux situés en face les colonnes longitudinales de sclérenchyme derrière lesquelles sortent toujours les faisceaux foliaires. Les deux autres sont situés en face les faisceaux externes, à l'anneau libéro-ligneux.	Faisceaux réduits à quelques vaisseaux ligneux formant des petits massifs qu'on ne peut assimiler à des faisceaux proprement dits à cause de leur faiblesse et de leur dissémination. Plusieurs d'entre eux n'ont qu'un seul vaisseau ligneux. Les deux plus forts en ont une quinzaine de petits et sont situés en face de deux petits massifs de cellules à parois cellulosiques remplaçant les deux colonnes longitudinales de sclérenchyme.
Les feuilles n'étant pas épanouies, je prendrai comme terme de comparaison les feuilles de la tige du témoin A :	Feuilles développées.
Pétiole de la 1re feuille pétiolée du témoin A. Sept faisceaux dont trois plus gros.	Pétiole de la 1re feuille. 3 faisceaux dont un médian beaucoup plus gros et deux latéraux très inégaux.
Sclérenchyme net au dos des faisceaux.	Sclérenchyme nul.
Feuille à limbe symétrique.	Feuille à limbe fortement asymétrique.
Deux assises palissadiques hautes.	Une seule assise de palissades basses.
Lacunes très nettes (fig. 52).	Lacunes à peine différenciées (fig. 53).
Limbes stipulaires différenciés en palissades et lacunes.	Stipules constituées par un tissu homogène et indifférencié.

Conclusions. — En résumé, l'ablation avant le semis d'un

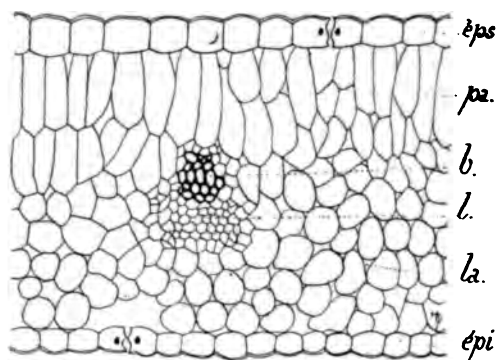


Fig. 52. — *Pisum sativum* (témoin). — Coupe transversale du limbe de la première feuille pétiolée au niveau d'une petite nervure. — *éps*, épiderme ventral; *épi*, épiderme dorsal; *pa*, palissades; *la*, lacunes; *b*, bois; *l*, liber (gr. 200).

cotylédon et de la gemmule du *Pisum sativum* ont eu pour résultats :

1° De provoquer la naissance de rameaux cotylédonaires *non ramifiés* qui existent très rarement chez les témoins;

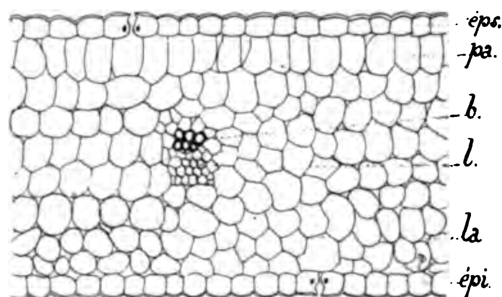


Fig. 53. — *Pisum sativum* (3e lot : échantillon A ; un cotylédon enlevé, gemmule sectionnée). — Coupe transversale du limbe de la première feuille pétiolée au niveau d'une petite nervure. — *éps*, épiderme ventral; *épi*, épiderme dorsal; *pa*, palissade; *la*, lacune; *b*, bois; *l*, liber; *st*, stomate (gr. 200).

2° De réduire notablement la taille des différentes parties de l'appareil végétatif;

3° De supprimer presque complètement le développement des vrilles;

4° De provoquer dans la tige, les pétioles et les limbes

foliaires ou stipulaires des irrégularités concernant la taille, relative, la forme et la structure des différentes parties;

5° De réduire l'appareil vasculaire.

2° Exemplaire D.

Morphologie. — Cet échantillon présentait une particularité remarquable (fig. 54). La gemmule sectionnée conserva dans le sol une position horizontale. Soit par suite d'une action mécanique extérieure, soit par suite de la faiblesse de la plante mutilée, le géotropisme de la radicule fut négatif. Elle se souleva légèrement et émergea, le sommet en l'air, au-dessus de la surface du sol. Deux radicelles à géotropisme positif naquirent alors à la face inférieure de cet organe redressé et remplacèrent la racine principale en se développant dans le sol.

Or, entre ces racines de remplacement et le nœud cotylédonaire, c'est-à-dire sur *l'axe hypocotylé*, il naquit un rameau latéral de remplacement de la tige orienté de bas en haut.

A un centimètre de sa base, ce rameau, que j'appellerai β, portait une feuille engainante de 4 millimètres de longueur, analogue par sa forme et par sa position à une feuille écailleuse (*1re f*, fig. 54). Au point de vue morphologique, elle différait d'une feuille séminale, en ce que la dent médiane, ayant avorté, était remplacée par une légère échancrure, ce qui donnait à cette feuille l'aspect d'un organe bilobé et au point de vue anatomique par des considérations que je ferai valoir plus loin.

A l'aisselle de cette feuille d'aspect écailleux, un fort rameau, que j'appelle α, s'était développé verticalement et avait pris rapidement des dimensions plus grandes et un développement plus accentué que le rameau β lui-même. L'anatomie nous fera connaître la cause de cette anomalie.

A quelques millimètres au-dessus de ce premier nœud, le rameau β, déjeté de côté, portait une seconde feuille bien développée, sessile, à deux lobes très nets, épais, arrondis, de taille inégale et sans trace de nervation extérieure (*2e f*, fig. 54). Ces deux lobes soudés à la base étaient séparés au sommet par une échancrure assez profonde et le plus grand avait 9 × 6 millimètres. A l'aisselle de cette seconde feuille s'était développé un petit rameau BK fig. 54) déjeté latéralement, portant à son sommet deux petites folioles arrondies, inégales, sans trace de différenciation externe et constituées par un parenchyme indifférencié de cellules sphériques.

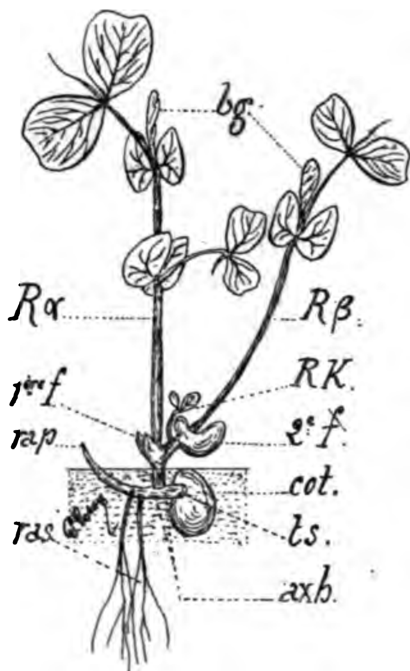


Fig. 54. — *Pisum sativum* (3e lot : échantillon D). — *bg*, bourgeon terminal : Rα, rameau α ; Rβ, rameau β : RK, rameau K : *1re f*, *2e f*, première et deuxième feuilles du rameau β : *cot*, cotylédon resté : *axh* axe hypocotylé ; *ts*, trace de la section : *rap*, racine primaire ; *ras*, racines de remplacement (1/2 gr. nat.).

Au-dessus de cette feuille bilobée était née une feuille bifoliolée, bistipulée de forme presque normale et séparée de la précédente par un long entre-nœud de 50 millimètres.

Enfin, sur le rameau α étaient nées deux feuilles bifoliolées, bistipulées à vrilles simples et séparées l'une de l'autre par un assez long entre-nœud. Les limbes foliaires et stipulaires étaient analogues à ceux des feuilles normales. Pourtant, les stipules du premier nœud étaient inégales.

Anatomie. — Les coupes transversales et longitudinales pratiquées à la naissance du rameau β né sur l'axe hypo-

cotylé m'ont montré que les vaisseaux ligneux ou libériens étaient raccordés directement avec ceux de la racine. L'origine de ce rameau est endogène.

Or, ce rameau latéral β n'est comparable ni à une tige, ni à un rameau axillaire de feuille séminale ou de feuille

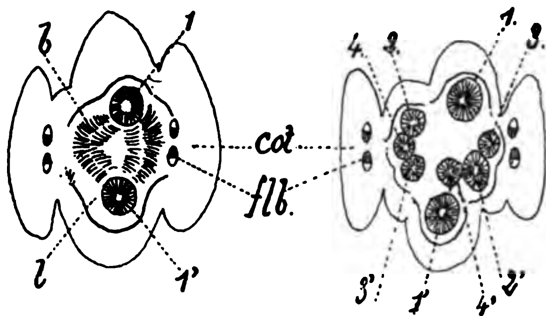


Fig. 55 et 56. — *Lotus purpureus.* — Coupe transversale schématisée, au niveau de l'insertion des cotylédons et donnant deux phases successives du mode d'individualisation des rameaux basilaires. — *cot*, cotylédons ; *flb*, faisceaux libéro-ligneux des cotylédons ; *b*, bois ; *l*, liber ; 1, 1', 2, 2', 3, 3', 4, 4', ordre d'individualisation des huit massifs libéro-ligneux alimentant les rameaux basilaires.

pétiolée, ni à un rameau cotylédonaire. Pour cette raison, je le comparerai à un rameau basilaire d'une plante dont la gemmule *ne se développe normalement pas*, comme un rameau du *Lotus purpureus*, par exemple.

Chez cette plante, on constate la présence de huit rameaux basilaires d'inégale importance disposés en cercle, qu'on pourrait, après un examen superficiel, prendre pour des rameaux cotylédonaires (fig. 55 et 56).

Or, dans tous ces rameaux, les faisceaux libéro-ligneux sont indépendants des faisceaux qui alimentent les cotylédons.

En particulier, ils ne sont pas entraînés derrière les faisceaux se rendant aux cotylédons comme je l'ai constaté chez les plantes pourvues de rameaux cotylédonaires, et même les deux rameaux les plus importants nés les premiers sont placés *en croix* avec les cotylédons. Ces rameaux basilaires ne sont donc pas des rameaux cotylédonaires.

D'ailleurs, le cylindre central, à ce niveau, se fragmente progressivement et totalement en huit parties dont chacune alimente un des rameaux.

Étude du premier nœud. — Or, à la naissance du rameau α de l'exemplaire mutilé de *P. sativum*, le cylindre central de cet échantillon D se divise en deux parties légèrement inégales.

Du côté de l'insertion de la première feuille une très faible partie des éléments vasculaires passe dans celle-ci. Comme dans une feuille séminale, une fraction du cylindre central vient constituer le système vasculaire du rameau axillaire. Or, ici cette dérivation est notablement plus forte que la portion du cylindre central resté dans l'axe principal. C'est pour cette raison que le rameau α a pris un plus grand développement que le rameau β. Chez les témoins, au contraire, le cylindre central n'envoie dans une feuille séminale qu'une portion *extrêmement réduite* de ses éléments vasculaires.

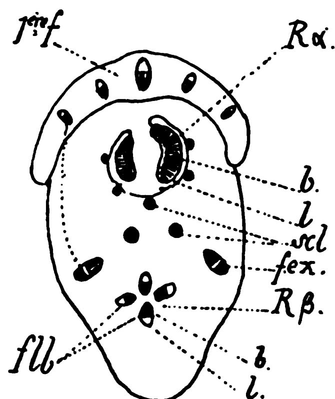


Fig. 57. — *Pisum sativum* (3e lot : exemplaire D). — Stade de division au niveau de la première feuille du rameau latéral α né sur l'axe hypocotylé. — Rα, éléments vasculaires du rameau α ; Rβ, éléments vasculaires du rameau β ; *1re f*, coupe transversale de la première feuille de base du rameau β ; *b*, bois ; *l*, liber ; *scl*, sclérenchyme ; *flb*, faisceau libéro-ligneux.

De sorte que ce mode de division du cylindre central de l'exemplaire D présente une frappante analogie (la naissance de la feuille étant mise de côté) avec le phénomène de division du cylindre central qu'on constate à la base de l'appareil végétatif d'une plante dont la gemmule ne se développe normalement pas, comme le *Lotus purpureus*.

D'ailleurs, en même temps que s'effectue cette division, les deux faisceaux extérieurs à l'anneau libéro-ligneux, dont on remarque la présence dans la tige de toutes les Viciées,

se dédoublent de la même façon qu'au niveau de l'origine des feuilles séminales des témoins, c'est-à-dire qu'une fraction de ce faisceau externe se rend au lobe latéral voisin de la feuille séminale — *sans être remplacé par une dérivation du cylindre central* — et l'autre fraction reste dans l'écorce.

Aussi bien les coupes transversales pratiquées dans cette première feuille montrent qu'elle est exactement constituée comme une feuille écailleuse séminale, savoir : un parenchyme homogène de cellules sphériques indifférenciées et un petit nombre de faisceaux à bois ventral, et liber dorsal (fig. 58).

En résumé, tant par son origine que par sa constitution, la première feuille du rameau latéral β *peut être assimilée à une feuille séminale.* Ce fait très intéressant constitue un phénomène de régression important tel que je n'en ai jamais constaté dans mes nombreuses expériences de sectionnement. *C'est le seul cas dans lequel j'ai obtenu le retour à une forme séminale.*

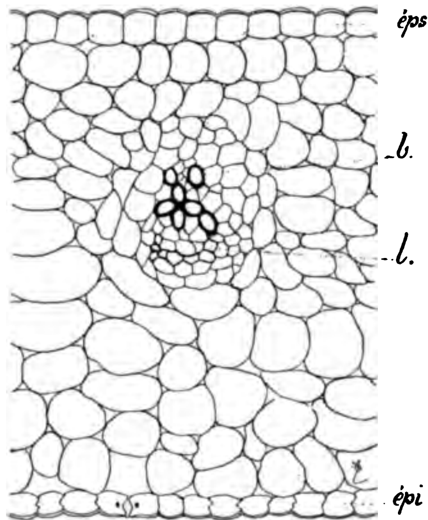


Fig. 58. — *Pisum sativum* (3e lot : exemplaire D). — Coupe transversale du limbe de la première feuille du rameau β né sur l'axe hypocotylé. — *éps*, épiderme ventral ; *épi*, épiderme dorsal ; *b*, bois ; *l*, liber ; *st*, stomate (gr. 200).

De plus, dans mes expériences, les rameaux cotylédonaires nés après la mutilation de l'embryon n'étaient, en aucun cas, pourvus de rameaux secondaires.

Le rameau β né sur l'axe hypocotylé porte au contraire un rameau α plus développé que l'axe principal et il est intéressant de noter que cette ramification s'est effectuée *comme celle*

d'une plantule dont la gemmule normalement ne se développe pas.

Étude du deuxième nœud. — L'origine de la feuille insérée au deuxième nœud du rameau β n'est pas moins instructive (*2e f*, fig. 54).

En effet, une portion très importante de l'anneau libéroligneux reste en place pour constituer le cylindre central du rameau β. L'autre portion, plus faible, va alimenter le petit rameau axillaire K en se déplaçant derrière le faisceau foliaire peu important. Quant aux deux faisceaux externes, ils ne se comportent pas tous deux de la même manière. L'un a envoyé simplement une dérivation dans le lobe de cette deuxième feuille le plus rapproché de lui.

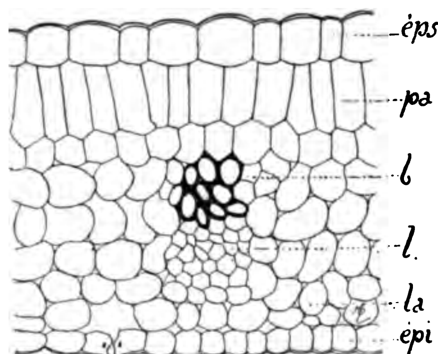


Fig. 59. — *Pisum sativum* (3e lot : exemplaire D). — Coupe transversale du limbe de la deuxième feuille du rameau β (même légende que la figure 58).

C'est exactement par ce même processus que les faisceaux des dents latérales d'une feuille séminale normale se raccordent avec les faisceaux externes de la tige. L'autre faisceau externe s'est dédoublé plus tardivement, mais il a été rapidement renforcé par une dérivation issue directement du cylindre central. C'est aussi par ce même processus que les faisceaux des stipules des feuilles pétiolées normales du *P. sativum* se raccordent avec les faisceaux externes.

Enfin, les coupes transversales du limbe de cette seconde feuille m'ont montré qu'entre les deux épidermes, les cellules du parenchyme ont subi du côté ventral, et pour une seule assise seulement, un commencement de différenciation en palissades et du côté dorsal une différenciation en tissu lacuneux peu évolué (fig. 59).

Par son origine et par sa structure, cette deuxième feuille

est donc nettement *intermédiaire entre une feuille séminale et une feuille pétiolée normale.*

Cet état intermédiaire de la deuxième feuille tient à ce qu'à la régression due à la mutilation de l'embryon, vient se superposer un phénomène d'accélération évolutive (formation de palissades et de lacunes dans une feuille d'aspect écailleux) qui a pour but de mettre le plus rapidement possible la plante en état de s'adapter au milieu. C'est peut-être pour ce même motif que les feuilles situées immédiatement au-dessus des deux premières étaient, chez cet exemplaire mutilé, sensiblement de même forme que celles des échantillons témoins. Elles s'étaient adaptées au milieu.

On peut remarquer, d'autre part, que le nombre de faisceaux de l'anneau libéro-ligneux du *P. sativum* est (au moins à la base) généralement de huit dans la tige, et de six dans les rameaux cotylédonaires. Or, dans le rameau latéral α et dans le rameau axillaire β le nombre des faisceaux s'abaisse à quatre. De plus, les cellules de la moelle et de l'écorce ainsi que les vaisseaux libériens ou ligneux étaient de dimensions plus faibles que chez les témoins.

La structure des autres feuilles des rameaux α ou β était sensiblement la même que celle des témoins, c'est-à-dire que ces feuilles étaient pourvues de palissades ventrales, de lacunes dorsales avec des faisceaux libéro-ligneux orientés normalement.

Conclusions. — En résumé, cet exemplaire D était caractérisé :

1° Par la naissance d'un rameau latéral β inséré sur l'axe hypocotylé.

2° Par la ramification de ce rameau β. A cet égard, il faut remarquer, d'une part, que les rameaux cotylédonaires des échantillons sectionnés ou des témoins ne sont jamais ramifiés et, d'autre part, que le rameau secondaire inséré sur le rameau β était dû simplement à une division de ce rameau β analogue à celle qu'on constate chez les végétaux dont la gemmule normalement ne se développe pas.

3° Par la présence à la base de la plante d'une première feuille tout à fait comparable par sa forme, son origine et sa structure à une feuille séminale et d'une seconde feuille intermédiaire entre une feuille séminale et une feuille normale. Les autres feuilles au contraire étaient normales quoique réduites.

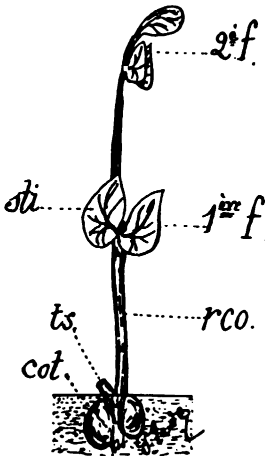


Fig. 60. — *Pisum sativum* (4e lot : deux cotylédons restant en place, gemmule sectionnée de l'extérieur). — *cot*, cotylédons ; *ts*, trace de la section sur la portion de gemmule restée ; *rco*, rameau cotylédonaire ; *1re f*, 1re feuille ; *2e f*, 2e feuille ; *sti*, stipule (1/2 gr. nat.).

4° Par la réduction notable de l'appareil vasculaire portant à la fois sur la taille et sur le nombre des vaisseaux.

5° Par la diminution de la taille des cellules du parenchyme ;

6° Et d'une façon générale par la réduction considérable du nombre des feuilles.

Quatrième lot : Les deux cotylédons restant en place, la gemmule supprimée au-dessus de l'insertion des cotylédons.

Morphologie. — Deux semaines après le semis, la hauteur d'un échantillon moyen était environ le tiers de celle des témoins.

Je décrirai simplement un exemplaire que j'avais, dans mes semis, appelé échantillon *j* (fig. 60).

Il portait un seul rameau cotylédonaire de faible diamètre et non ramifié.

Le premier nœud, séparé des cotylédons par une longueur de 45 millimètres était uniquement pourvu de deux stipules égales, légèrement obtuses au sommet et embrassant le rameau par leur partie basilaire brièvement soudée. Entre ces deux stipules était née une feuille filiforme de 2 millimètres de longueur réduite par suite à un pétiole rudimentaire. Cette disposition, que j'ai d'ailleurs observée plusieurs fois sur les échantillons mutilés du *P. sativum*, rappelle assez bien celle des stipules supérieures du *Lathyrus Aphaca*. Le deuxième

entre-nœud était également très long et la deuxième feuille bifoliolée et bistipulée, normale par sa forme, était néanmoins très réduite. Au-dessus était un faible bourgeon terminal.

Anatomie. — Il m'a semblé intéressant de comparer la structure de la première feuille de l'exemplaire *j*, réduite à ses stipules, à celle d'une feuille supérieure du *L. Aphaca.*

M. Vuillemin a montré que chez le *L. Aphaca* « la portion interne de la stipule » est alimentée par une ramification venue directement du cylindre central. Personnellement, j'ai fait les remarques suivantes qui, au fond, concordent avec celles de M. Vuillemin [39].

Chez le *L. Aphaca*, la sortie des faisceaux qui alimentent les stipules se fait en deux temps, savoir : en partie avant la sortie du faisceau foliaire, en partie pendant cette sortie.

Dans le premier temps, avant la sortie du faisceau foliaire, les stipules sont *exclusivement* alimentées par les deux faisceaux externes à l'anneau libéro-ligneux qui s'y rendent en entier. Dans le deuxième temps, ces faisceaux externes, sortis dans les stipules, sont remplacés par des dérivations issues directement de l'anneau libéro-ligneux qui reprennent dans l'écorce la situation normale des faisceaux externes. En même temps, le faisceau foliaire assez puissant se trifurque. La partie médiane *très réduite* envoie simplement dans la feuille, réduite à un pétiole en vrille, trois petits faisceaux disposés suivant les trois sommets d'un triangle et les *parties latérales du faisceau foliaire* vont alimenter les portions des stipules qui, dans cette région basilaire, entourent étroitement la tige.

Les faisceaux qui se rendent aux stipules ont donc leur origine à la fois sur les faisceaux externes à l'anneau libéro-ligneux et sur le faisceau foliaire issu directement de cet anneau. L'avortement de la feuille et sa réduction en vrille est donc un phénomène corrélatif de la réduction du faisceau foliaire proprement dit.

C'est d'ailleurs une interprétation anatomique analogue qui a été donnée par de Bary [2].

Chez l'exemplaire *j* du *P. sativum*, la sortie de la première feuille s'effectue suivant un processus analogue.

Les trois faisceaux qui se rendent directement à la feuille réduite à une petite vrille sont très faibles. Pourtant au lieu d'être placés dans les coupes transversales aux trois sommets d'un triangle, ils sont disposés de telle sorte que leur axe est parallèle à celui des faisceaux externes. Aussi, le pétiole et les stipules restent soudés à leur base en formant une lame engainante unique et ici encore la réduction extrême du faisceau foliaire trifurqué est corrélative de l'avortement de la feuille.

Il s'ensuit qu'à la base, cette lame unique qui entoure la tige a, au point de vue anatomique, la même valeur que la feuille avortée et les stipules du *L. Aphaca*, puisqu'elle est alimentée partiellement par les faisceaux externes et partiellement par des faisceaux issus directement de l'anneau libéro-ligneux. La seule différence avec le *L. Aphaca*, est que, dans la partie engainante, tous ces faisceaux sont orientés dans le même sens, au lieu d'être disposés aux trois sommets d'un triangle.

Enfin, chez tous les exemplaires mutilés du quatrième lot, le cylindre central était caractérisé par une réduction très grande du système vasculaire (réduction portant à la fois sur le nombre et sur la taille des vaisseaux) et par une diminution très nette des dimensions de toutes les cellules de l'écorce par rapport à celles des rameaux cotylédonaires ou de la tige des témoins.

Conclusions. — En résumé, le sectionnement de la gemmule pratiqué de l'extérieur de la graine du *P. sativum* a eu pour résultats :

1° De déterminer la naissance d'un rameau cotylédonaire très grêle et non ramifié ;

2° De provoquer au premier nœud de ce rameau cotylédonaire l'avortement des feuilles et non des stipules (phénomène comparable à celui qu'on constate chez les feuilles supérieures du *L. Aphaca*) ;

3° De réduire l'appareil vasculaire.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

A. — *Sectionnement des jeunes plantes.*

a. Les sectionnements des tiges de jeunes plantes ont provoqué la naissance de rameaux de remplacement nés dans la partie la plus voisine de la section. Ces rameaux de remplacement portent immédiatement des feuilles ressemblant par leur forme non pas aux feuilles enlevées, mais à celles qui existent normalement aux extrémités de la tige ou des rameaux.

Les formes intermédiaires tendent ainsi à disparaître (genres *Acacia*, *Trifolium*, *Melilotus*, *Galega*, *Onobrychis*, *Vicia*, *Phaseolus*).

b. La blessure se referme toujours par l'intermédiaire d'un tissu de liège cicatriciel, et je n'ai jamais constaté, dans ces expériences, de *régénération directe* : une feuille coupée n'est *jamais* remplacée par une autre feuille née directement sur la blessure; il y a simplement développement de bourgeon latéral. Or, la constitution du bourgeon latéral expectant est très simple : *tissu méristématique*, *faisceaux à peine ébauchés*. C'est pourquoi, soit par suite d'un atavisme lointain, soit à cause de leur faible différenciation, soit aussi à cause de leur grande plasticité, ces bourgeons sont, après le sectionnement, capables de se développer rapidement, en donnant naissance à des organes qui prennent immédiatement la forme la plus favorable au *remplacement effectif* des organes enlevés, c'est-à-dire celle des organes bien adaptés au milieu ambiant.

En résumé, quand une Légumineuse porte des organes foliaires différents qui, au moins dans le jeune âge, coexistent sur un même pied, la forme des feuilles apparaissant sur les rameaux nés après le sectionnement *se rapproche toujours plus, au point de vue morphologique, de la forme des feuilles situées aux extrémités terminales* des ra-

meaux témoins que de celles qui existent à la base de la plante normale. *La forme des feuilles séminales ou de celles qui les suivent immédiatement ne réapparaît jamais par suite des blessures sur les rameaux de remplacement ou sur l'axe principal.*

B. — *Ablation d'un cotylédon.*

Cette opération n'a jamais provoqué la naissance d'organes de remplacement. Elle a simplement retardé le développement du végétal, et la cause initiale de ce retard est la réduction du système vasculaire. Cette réduction est, elle-même, corrélative :

a. D'une diminution très grande de la taille de la plante;

b. D'une réduction du nombre des feuilles ou des folioles et de la suppression plus ou moins complète des vrilles.

C. — *Sectionnement de la gemmule avant le semis.*

Les phénomènes de remplacement anatomique que j'ai mis en évidence ont été absolument nets (par exemple régénération plus ou moins laborieuse des faisceaux externes caractéristiques de la tige des Viciées, par des dérivations sorties irrégulièrement de l'anneau libéro-ligneux) (*Lathyrus Cicera*, *L. Aphaca*, *Cicer arietinum*, *Pisum sativum*). La régénération directe interne a été quelquefois plus accentuée que la régénération externe.

Enfin les feuilles nées sur les rameaux de remplacement se distinguaient des feuilles des témoins par une plus grande simplicité.

1° Elles étaient plus simples dans leur forme (*L. Cicera*, *Faba vulgaris*, *Pisum sativum*, *Cicer arietinum*).

2° Elles étaient plus simples dans leur structure (*Cicer arietinum*, *Pisum sativum*).

3° Ou bien, elles avaient une forme et une structure intermédiaires entre la forme et la structure des feuilles qui existent normalement au niveau de la lésion (feuilles

séminales) et les feuilles pétiolées normales (*L. Cicera*, *Cicer arietinum*, *Pisum sativum*, *Faba vulgaris*). Dans un seul cas (*P. sativum*, 3[e] lot, exemplaire D), j'ai obtenu le retour à une forme de feuille séminale et cela sur un rameau latéral inséré sur l'axe hypocotylé. Tous ces phénomènes sont d'ordre régressif.

4° D'autre part les feuilles des rameaux de remplacement étaient caractérisées par de *nombreuses irrégularités* d'ordre morphologique ou anatomique (*L. Cicèra*, *Cicer arietinum*, *Lupinus Crukshanksii*, *Pisum sativum*).

Il est intéressant de remarquer, en faisant nécessairement abstraction de la taille réduite des différentes parties de l'appareil végétatif, que ces anomalies existaient rarement au-dessus du quatrième nœud du rameau de remplacement. En effet, quand on sectionne la tige d'une plante ou même qu'on la blesse simplement, on en trouble plus ou moins profondément la symétrie initiale. La plante réagit alors énergiquement contre la blessure et cette réaction se manifeste de deux manières principales :

1° Par la production d'un tissu protecteur de liège cicatriciel ou par le développement plus grand du tissu cortical ;

2° Par une tendance très nette à rétablir la symétrie troublée (*Cicer arietinum*, *Faba vulgaris*, *Pisum sativum*).

La régression qui, par suite de la blessure, se manifeste aux premiers nœuds du rameau de remplacement, ne persiste pas longtemps, parce que la plante réagit immédiatement pour en atténuer les effets. Ces deux phénomènes : *régression corrélative de la blessure*, *accélération évolutive provoquée par la réaction du végétal* viennent ainsi dans la région des premiers nœuds se superposer. C'est pourquoi ces premiers nœuds portent généralement soit *des organes intermédiaires entre les feuilles de base* et les feuilles *situées un peu plus haut sur la tige des témoins*, soit des organes irréguliers par leur forme et leur structure.

C'est cette superposition des deux phénomènes qui,

chez ces plantes très évoluées, masque en quelque sorte le processus de la *régénération directe*.

J'ai observé enfin que les organes de remplacement présentent parfois certaines analogies avec les organes homologues normaux d'espèces de la même famille (*Pisum*, *Robinia*, *Vicia*).

Mes recherches ont été effectuées au laboratoire de biologie végétale de Fontainebleau et au laboratoire de la Sorbonne. Je prie M. Gaston Bonnier, directeur de ces deux laboratoires, de vouloir bien agréer l'expression de ma sincère reconnaissance pour les précieux conseils qu'ils m'a donnés. Je remercie également M. L. Dufour, directeur adjoint du laboratoire de biologie végétale de Fontainebleau, pour l'empressement qu'il a mis à me fournir les renseignements dont j'ai eu besoin.

J'adresse aussi mes sincères remerciements :

A M. Dybowski, directeur de l'École nationale d'agriculture coloniale de Nogent-sur-Marne, qui m'a permis d'effectuer dans les serres du jardin colonial mes expériences sur les Acacias à phyllodes;

A M. Lefebvre, conservateur du secteur est des promenades parisiennes, directeur de l'École d'arboriculture de Saint-Mandé, et à M. L. Tillier, professeur-directeur des études de cet établissement, qui ont mis gracieusement à ma disposition le terrain nécessaire à mes cultures de Légumineuses indigènes.

Je tiens également à remercier M. Nouvelon, jardinier chef de cette école, qui a bien voulu surveiller mes cultures avec un soin remarquable, et M. L. Poirault, directeur de la villa Thuret au cap d'Antibes qui m'a fait parvenir de précieux échantillons d'Acacias à phyllodes.

BIBLIOGRAPHIE

1. Abigail Camp Dimon, Experiments on Cutting off Parts of the cotyledons of Pea and Nasturtium Seeds. *Biological Bulletin*, vol. II, n° 5, 1901.
2. De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorganen der Pflanzenreich. Leipzig, 1887.
3. Beijerink, Over regeneratie. *Nederlandsch kruidkundig Archief*, 1886.
4. Bertrand, Théorie du faisceau. *Bull. scient. du département du Nord*, 2e série, 3e A., 1880.
5. Boirivant, Sur les organes de remplacement chez les plantes, 1898.
6. Gaston Bonnier, Les plantes de la région alpine et leurs rapports avec le climat. *C. R. Acad. des Sc.*, 1890.
7. — Cultures expérimentales dans les hautes altitudes. *C. R. Acad. des Sc.*, 1890.
8. Clos, Des organes intermédiaires entre la racine et la feuille. *Ac. de Toulouse*, 8e série, t. IV, 1882.
9. E. Gain, Sur la germination des graines de Légumineuses habitées par des bruches. *C. R. Acad. des Sc.*, 1897.
10. A. Giard, Sur la transformation du *Biota orientalis* en *Retinospora*. *Bull. scient.*, 1886.
11. K. Gœbel, Organographie der Pflanzen. Iena, 1898.
12. — Ueber Regeneration im Pflanzenreich. *Biol. Centralbl.*, Bd XXII, août 1902.
13. — Ueber die Jugendzustände der Pflanzen. Flora, 1889.
14. — Morphologische und biologische Bemerkungen. Weitere Studien ueber Regeneration. Flora, Bd XCII, Heft I, 1902.
15. Griffon, Sur l'influence des gelées printanières sur la végétation. *R. G. de Bot.*, 1897.
16. Guignard, Embryologie des Légumineuses. *Ann. des Sc. nat.*, 6e série, t. XII, 1881.
17. Hildebrandt, Ueber die Jugendstände solcher Pflanzen welche in Alter von vegetativen Charakter ihrer Verwandte abweichen. Flora, 1875.
18. Kaufholz, Beitrage zur Morphologie der Keimpflanzen. *Rostock*, 1888.
19. Kny, Ueber künstliche Verdoppelung des Leitbündelkreises im Stamme der Dicotyledonen. *Bot. Zeit.*, 1877.
20. Kronfeld, Ueber die Beziehungen der Nebenblätter zu ihrem Hauptblatte. *Sitz. der k. k. Zool. bot. Gesell*, in Wien, 1887.
21. P. Ledoux, Anatomie comparée des organes foliaires chez les Acacias. *C. R. Acad. des Sc.*, 18 mars 1901.
22. — Sur la régénération expérimentale des organes foliaires chez les Acacias phyllodiques. *Assoc. franç. pour l'avanc. des Sc.* Congrès d'Ajaccio, 1901.

23. P. LEDOUX, Sur l'aplatissement des organes du *Lathyrus Ochrus*. *Assoc. franç. pour l'avanc. des Sc.* Montauban, 1902.
24. — Sur le développement du *Cicer arietinum* après des sectionnements de l'embryon. *C. R. Acad. des Sc.*, 9 mars 1903.
25. — Sur la naissance d'un rameau latéral inséré sur l'axe hypocotylé après des sectionnements de l'embryon. *C. R. Acad. des Sc.*, 25 mai 1903.
26. LOPRIORE, Vorläufige Mitteilungen ueber die Regeneration gespaltenenen Stammspitzen. *Ber. d. d. bot. Ges.*, 1895.
27. LOTHELIER, Recherches anatomiques sur les épines et les aiguillons des plantes, 1888.
28. J. MASSART, La récapitulation et l'innovation en embryologie végétale.
29. — La cicatrisation chez les Végétaux, 1898.
30. MOQUIN-TANDON, Éléments de tératologie, 1841.
31. DE MORIÈRE, *Bull. de la Soc. linn. de Normandie*, 1867.
32. MORGAN. Regeneration (*Londres et Macmillan*), 1901.
33. PENZIG, Pflanzenteratologie, 1890.
34. G. DE SAINT-PIERRE, Iconographie des anomalies végétales, 1856.
35. PISCHINGER. Ueber Bau und Regeneration des Assimilationsapparate von Streptocarpus. *Sitz. Ber. der kön. kais. Akad. d. Wiss. in Wien*, April 1902.
36. SCHILBERSKY, Künstlich hervorgerufene Bildung Gefässbundel bei Dicotyledonen. *Ber. d. d. bot. Ges.*, Bd X, 1892.
37. VAN TIEGHEM, Recherches physiologiques sur la germination. *Ann. Sc. de l'Éc.* N^{le}, t. II, p. 13, 1873.
38. — Observations sur la structure de l'embryon de quelques Légumineuses. *Ann. Sc. nat.*, 6e série, t. I.
39. P. VUILLEMIN, La subordination des caractères de la feuille dans le Phylum des *Anthyllis*, 1892.
40. DE WILDEMAN. Sur la réparation de quelques Algues, 1901.
41. U. WINKLER, Ueber die Regeneration der Blattspreite bei einigen Cyclamen-Arten. *Ber. d. d. bot. Ges.*, Bd XX. Berlin, 1902.
42. WÖCHTING. Die Regeneration der Marchantieen. *Jahrb. für Wiss. Bot.* Bd XVI, 1885.
43. HUGO DE VRIES. Die Mutationstheorie. Leipzig, 1901.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME

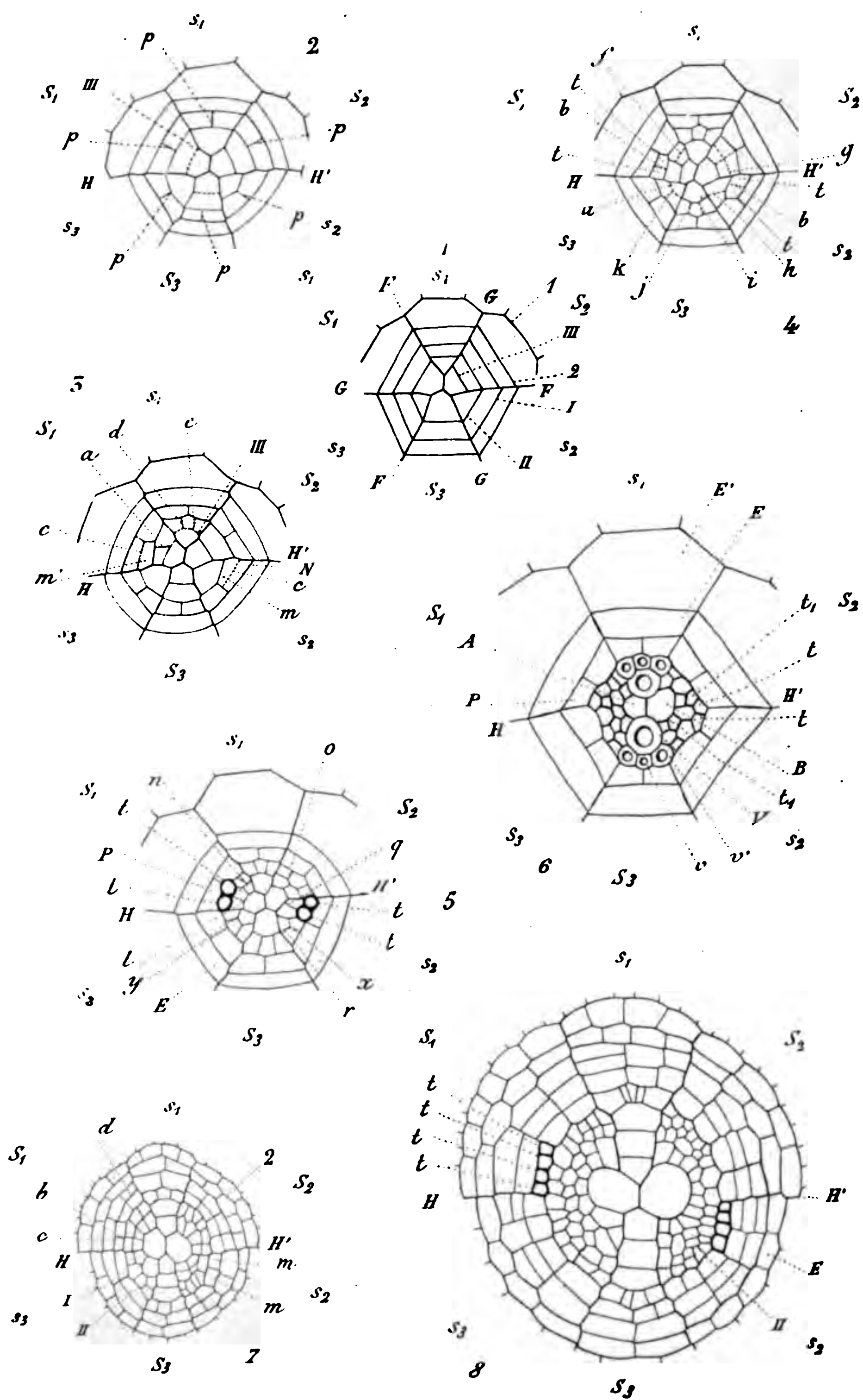
TABLE DES PLANCHES

ET FIGURES DANS LE TEXTE CONTENUES DANS CE VOLUME

TABLE DES ARTICLES

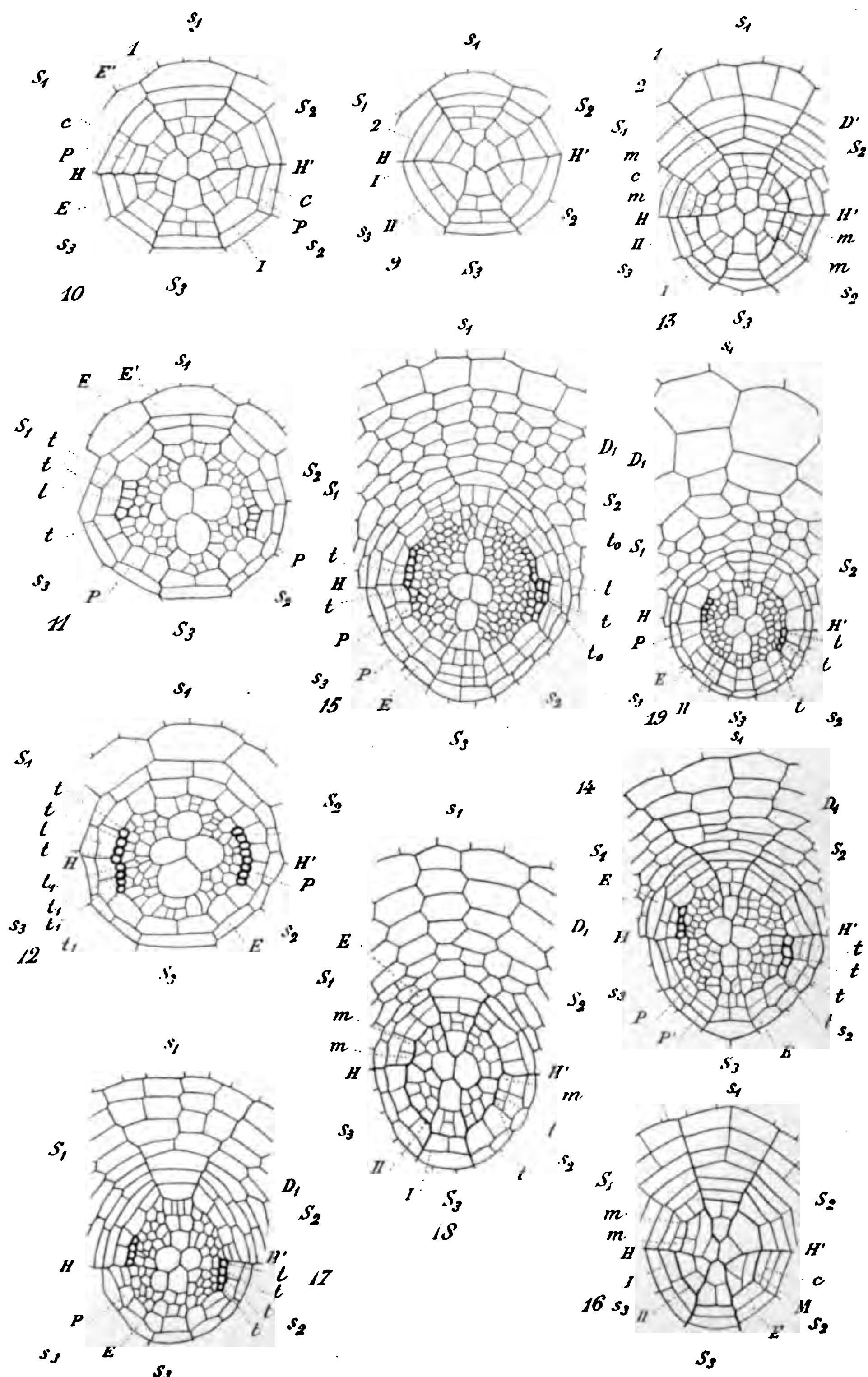
PAR NOMS D'AUTEURS

CORBEIL. Imprimerie ÉD. CRÉTÉ.

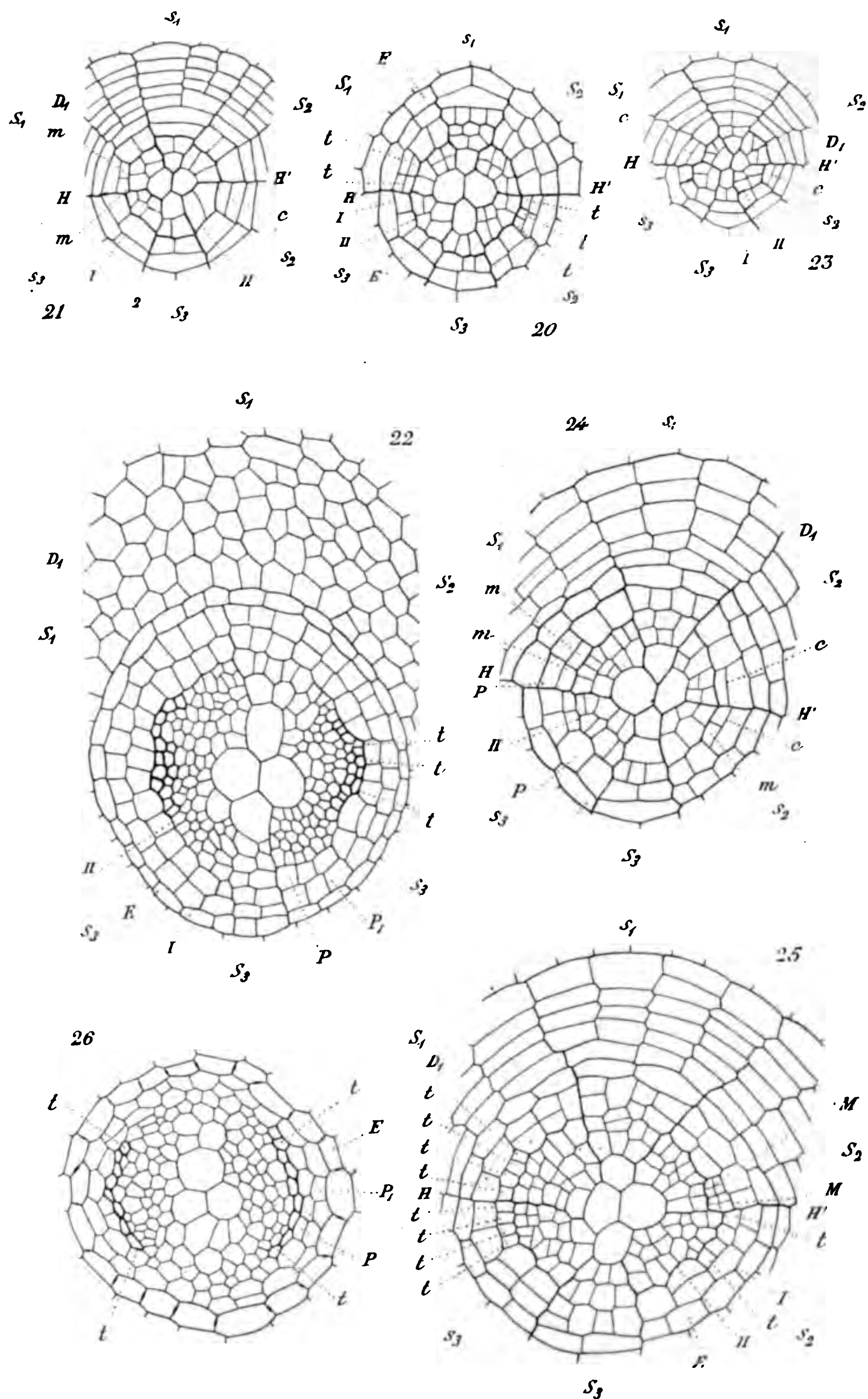


Chauveaud, del. Imp. L. Lafontaine, Paris.

Masson et Cie, Editeurs.

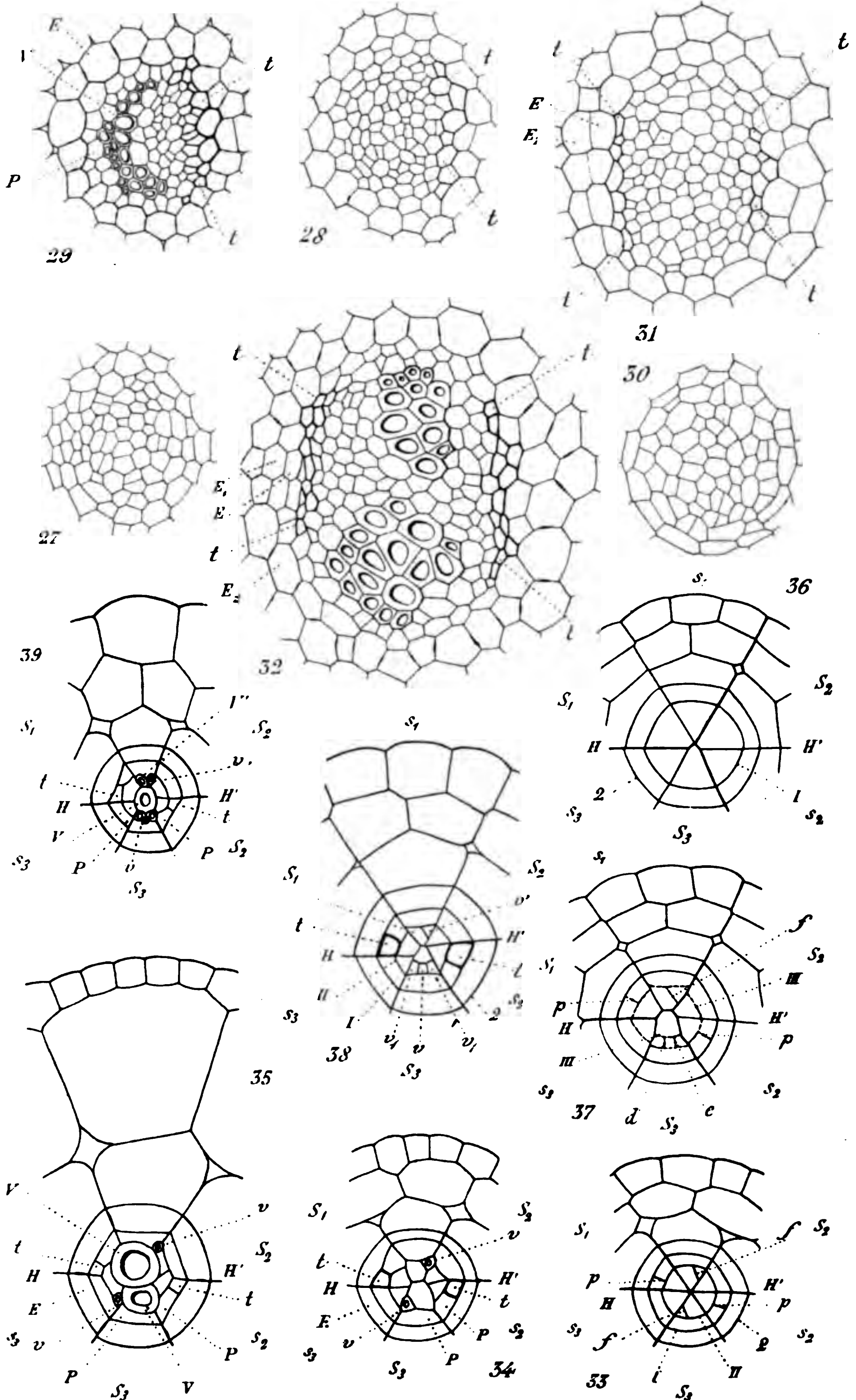


Chauveaud del.
Imp. L. Lafontaine, Paris
Masson et Cie, Editeurs.



Chauveaud del.
Imp. L. Lafontaine, Paris.

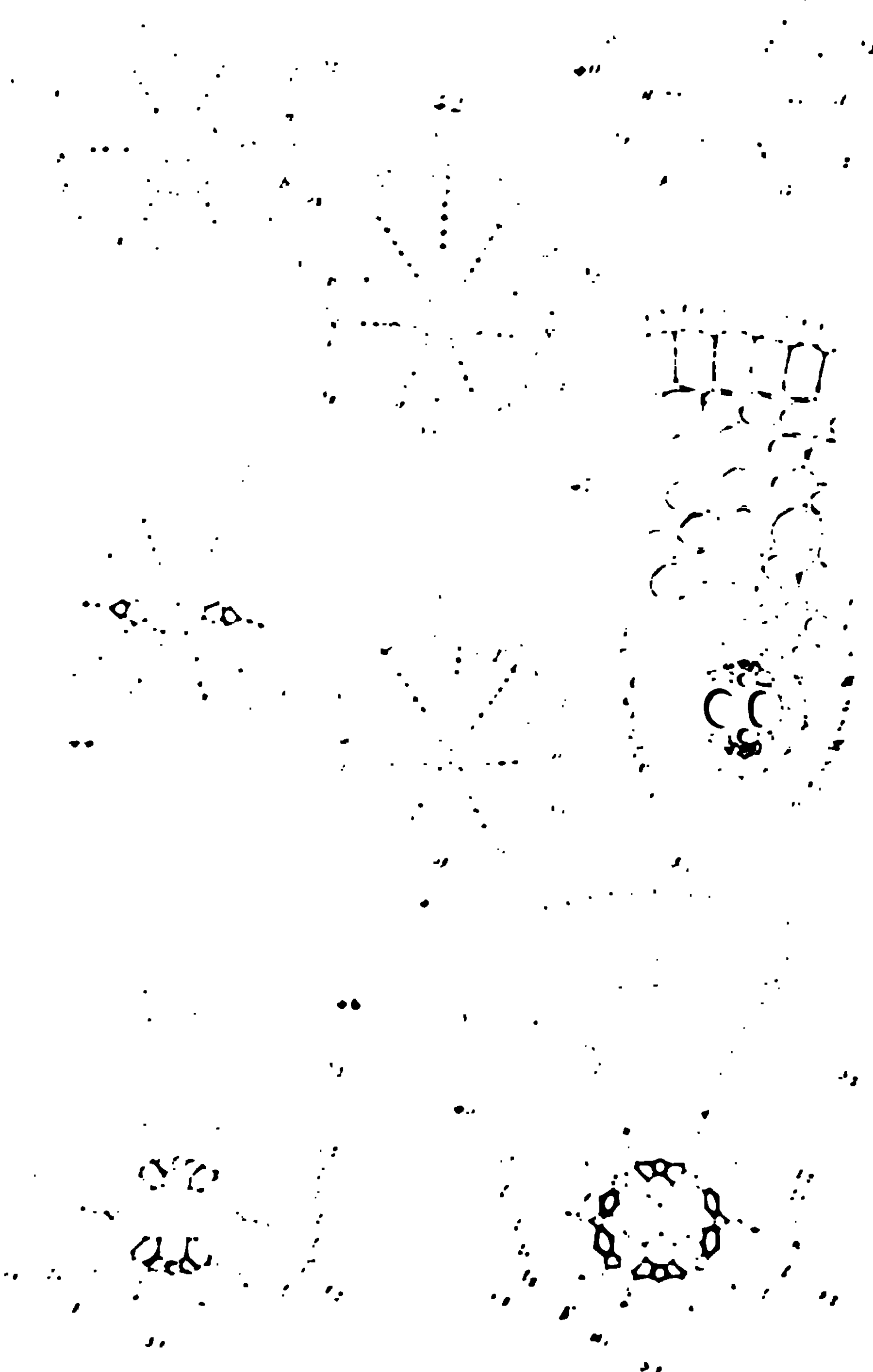
Masson et Cie, Editeurs.



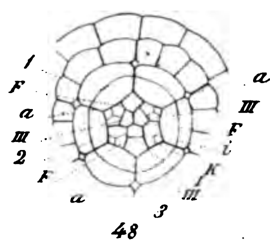
Chauveaud, del

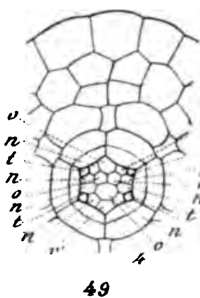
Imp. L. Lafontaine, Paris.

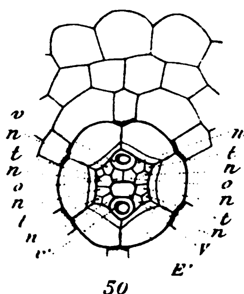
Masson et Cie, Editeurs

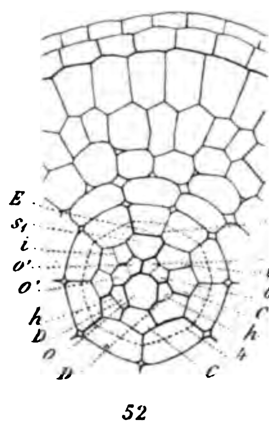


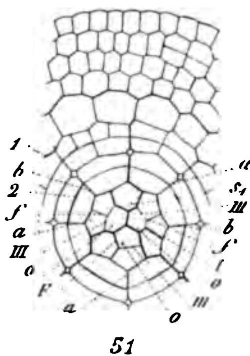
Masson et Cie éditeurs

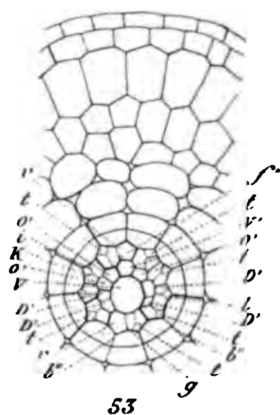


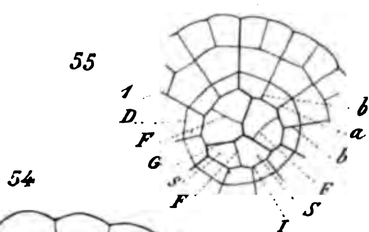


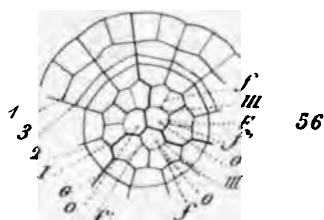


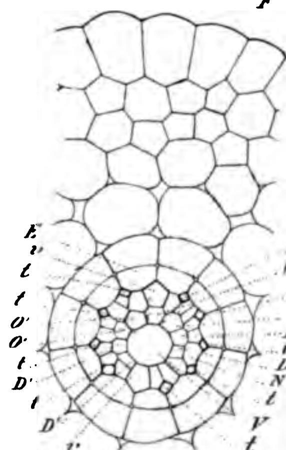


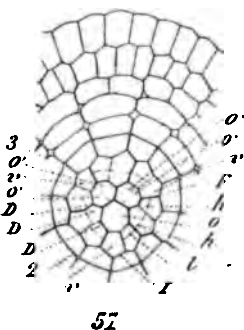


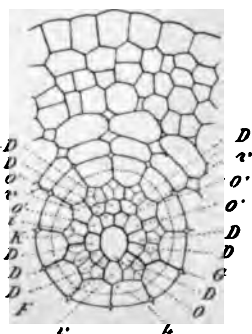






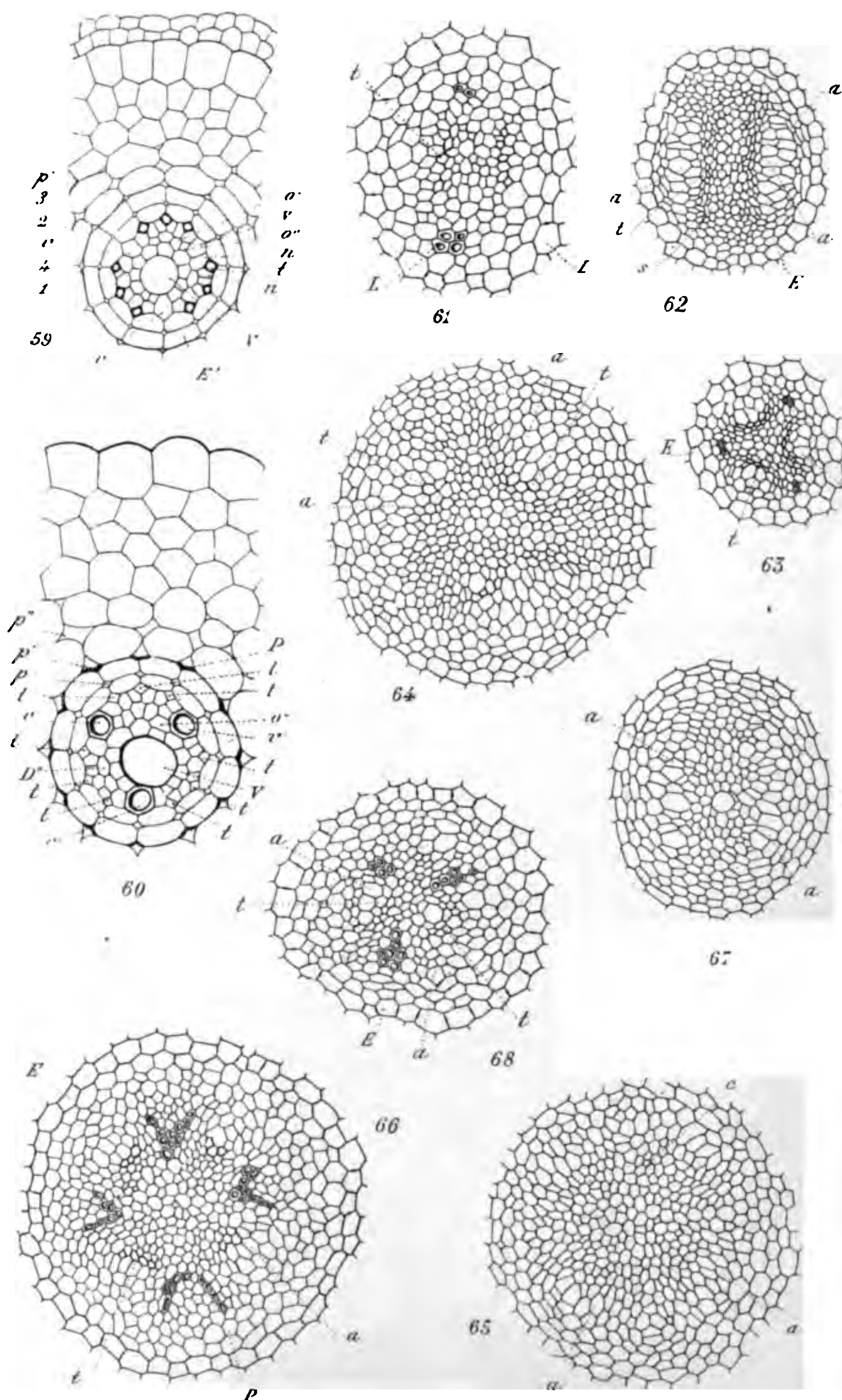




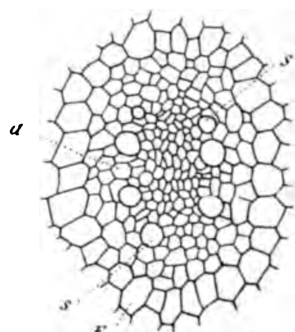


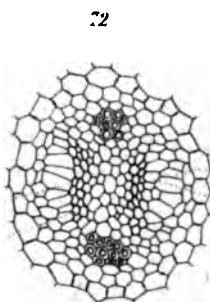
Chauveaud, del. Imp. L. Lafontaine, Paris.

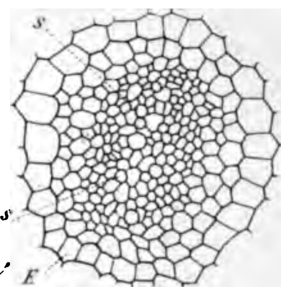
Masson et Cie, Éditeurs

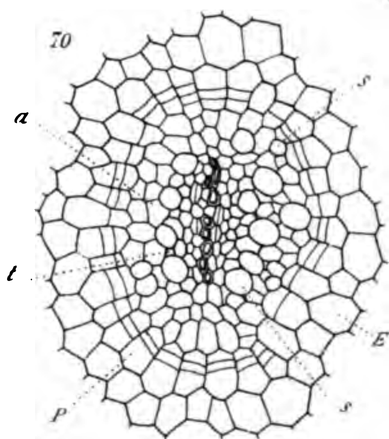


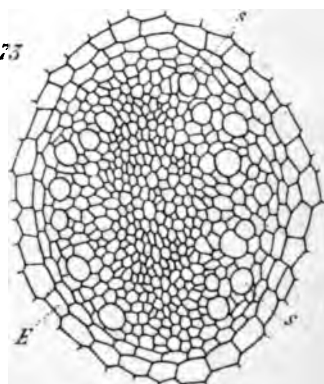
Chauveaud del.
Imp. L. Lafontaine, Paris
Masson et Cie, Editeurs.

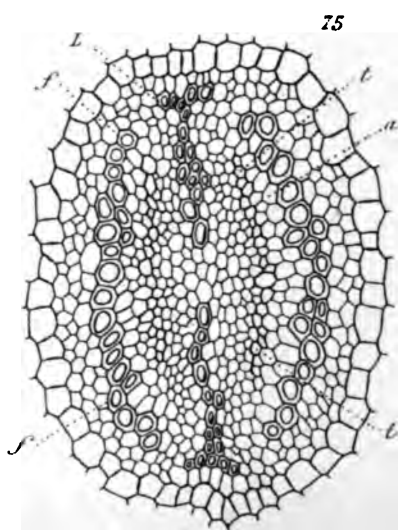


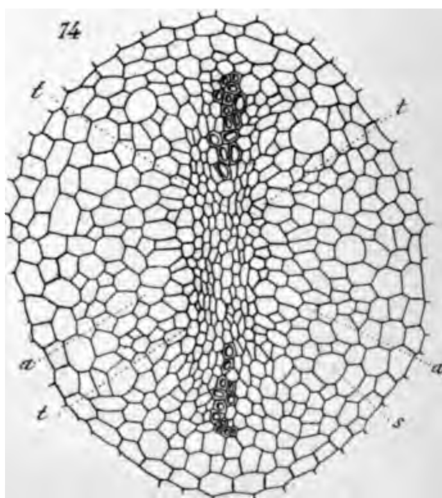












Chauveaud, del.

Imp. L. Lafontaine, Paris.

Masson et Cie, Éditeurs.

MASSON ET Cie, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE — 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS (6e)

MATÉRIAUX POUR L'HISTOIRE DE L'HOMME
REVUE D'ANTHROPOLOGIE — REVUE D'ETHNOGRAPHIE

RÉUNIS

L'ANTHROPOLOGIE

Paraissant tous les deux mois

RÉDACTEURS EN CHEF

MM. BOULE — VERNEAU

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

MM. D'ACY — BOULE — CARTAILHAC — COLLIGNON — DENIKER — HAMY
LALOY — MONTANO — Mis DE NADAILLAC — PIETTE — Salomon REINACH
Prince ROLAND BONAPARTE — TOPINARD — VERNEAU — VOLKOV

14e ANNÉE

Un an : Paris, 25 fr. — Départements, 27 fr. — Union postale, 28 fr.

UN NUMÉRO : 5 FRANCS

L'Anthropologie paraît depuis janvier 1890.

A cette époque, les Directeurs des trois Revues également importantes et également estimées, les *Matériaux pour l'Histoire primitive et naturelle de l'Homme*, la *Revue d'Ethnographie* et la *Revue d'Anthropologie* estimèrent que, pour éviter toute dispersion de force, il y avait lieu de fusionner les publications en une seule qui prendrait le titre de *l'Anthropologie*.

Depuis dix ans, le succès de cette entreprise n'a fait que s'affirmer. Nous avons eu la satisfaction de voir notre *Revue* pénétrer de plus en plus dans toutes les bibliothèques scientifiques des deux continents. Ce succès est dû non seulement à la valeur des mémoires originaux, mais encore au soin apporté par la Rédaction à la partie dite *Mouvement scientifique*, où tous les mémoires parus en France et à l'étranger sont analysés par des spécialistes autorisés.

La *Revue* compte en effet, parmi ses collaborateurs, les savants les plus éminents et toutes les personnes qui ont conquis une autorité dans les études auxquelles elle est consacrée. Elle est d'ailleurs ouverte à tous les anthropologistes, sans distinction d'école ni d'opinions scientifiques.

L'Anthropologie est une publication purement scientifique. Elle est éditée avec luxe, et soigneusement imprimée sur beau papier. Les illustrations sont nombreuses, comme il convient dans toute Revue d'Histoire naturelle. Les mémoires sont accompagnés de planches ou bien de clichés intercalés dans le texte.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE CAHIER

TABLE DES PLANCHES ET DES FIGURES DANS LE TEXTE

CONTENUES DANS CE CAHIER

5574-99 — Corbeil. Imprimerie Éd. Crété.

